



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της εφαρμογής ενεργών μικροοργανισμών στην  
ανάπτυξη, απόδοση και θρέψη κηπευτικών ειδών»

ANNA ΤΣΑΚΙΡΗ



Επιβλέπουσα: Ουρανία Παυλή, Επικ. Καθηγήτρια, Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2018

Επίδραση της εφαρμογής ενεργών μικροοργανισμών στην  
ανάπτυξη, απόδοση και θρέψη κηπευτικών ειδών

Άννα Τσακίρη

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Παυλή Ουρανία, Επικ. Καθηγήτρια, Γενετική Βελτίωση Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας  
Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βασίλειος Αντωνιάδης, Αναπλ. Καθηγητής, Εφαρμοσμένη Εδαφολογία, Τμήμα  
Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας

Σπυρίδων Πετρόπουλος, Επικ. Καθηγητής, Λαχανοκομία, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής  
Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## **Ευχαριστίες**

Τελειώνοντας την πτυχιακή μου διατριβή, θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωσή της. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Ουρανία Παυλή, Επικ. Καθηγήτρια Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, για τη συνεχή βοήθεια, υποστήριξη και καθοδήγησή της καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων και συγγραφής της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κ. Βασίλειο Αντωνιάδη Αναπλ. Καθηγητή Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας και κ. Σπυρίδων Πετρόπουλο Επικ. Καθηγητή Λαχανοκομίας για τη βοήθεια και τις συμβουλές τους.

Ακολούθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την υποψήφια διδάκτορα Χρύσα Φώτη, την κ. Ευαγγελία Παναγιωτάκη και κ. Ευαγγελία Γκόλια για τη σημαντική βοήθεια και υποστήριξή τους. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τη συνεργάτιδα μου Ευαγγελία Τέντου-Πλαβού για τη σημαντική συμβολή της στην έκβαση της πειραματικής διαδικασίας και την άριστη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων μας.

## Περίληψη

Τα κηπευτικά κατέχουν κεντρική θέση ρόλο στις διατροφικές συνήθειες του πληθυσμού, και ιδιαιτέρως του μεσογειακού πληθυσμού. Η τομάτα αδιαμφισβήτητα βασιλεύει των κηπευτικών, όμως οι ανάγκες της σε εισροές είναι υψηλές. Το γεγονός αυτό δημιουργεί το έναυσμα για εύρεση εναλλακτικών εισροών περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον και την αειφορία και ταυτόχρονα επιδρούν θετικά τόσο στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα όσο και στη βελτίωση των ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών και του εξαγόμενου χυμού. Προς την κατεύθυνση αυτή, οι ενεργοί μικροοργανισμοί (EM) έχουν προταθεί ως βιολογική μέθοδο λίπανσης, προστασίας και ενίσχυσης των φυτικών ειδών. Στο πλαίσιο αυτό, σκοπό της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η μελέτη της επίδρασης των ενεργών μικροοργανισμών στην καλλιέργεια τομάτας. Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκε η επίδραση της εφαρμογής EM σε τέσσερις εμπορικές ποικιλίες συγκριτικά με φυτά-μάρτυρες. Η αξιολόγηση αφορούσε σε χαρακτηριστικά που αφορούν στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των ποικιλιών αλλά και σε παραμέτρους που σχετίζονται με την ποιότητα των καρπών και του εξαγόμενου χυμού. Ειδικότερα, αξιολογήθηκε το ύψος των φυτών, η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, το βάρος καρπών, το χρώμα των καρπών, η συνεκτικότητα της σάρκας, η περιεκτικότητα σε στερεά διαλυτά, το pH καθώς και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του χυμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, η εφαρμογή με EM επέδρασε θετικά στο ρυθμό βλάστησης και στην ανάπτυξη των νεαρών σποροφύτων, και ειδικότερα στο ύψος κατά τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια των φυτών, ενώ δεν επηρέασε σημαντικά το βάρος των καρπών. Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των καρπών, η εφαρμογή με EM σχετίστηκε με μία τάση αύξησης ορισμένων εκ των συνιστωσών του χρώματος αλλά και τη συνεκτικότητα της σάρκας. Αντίθετα, σε ότι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χυμού τομάτας, η εφαρμογή με EM δε συνοδεύτηκε με σημαντικές διαφορές στο pH, στην ηλεκτρική αγωγιμότητα καθώς και στην περιεκτικότητα σε στερεά διαλυτά (Brix), που αποτελεί σημαντικότερο γνώρισμα για το συγκεκριμένο είδος. Παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι η εφαρμογή με EM επιδρά θετικά σε επιμέρους χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ανάπτυξη, παραγωγικότητα και την ποιότητα των καρπών τομάτας, εκτιμάται ότι η επίδρασή τους πιθανώς παρουσιάζει σημαντική εξάρτηση τόσο σε επίπεδο είδους όσο και σε επίπεδο γονοτύπου.



<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Εντατικές καλλιέργειες υψηλών εισροών .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Αειφορική ανάπτυξη και αειφόρος γεωργία.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Οφέλη που συνδέονται με την αειφόρο γεωργία .....	4
1.2.2 Βιολογική γεωργία.....	5
1.2.3 Εναλλακτικές μορφές εισροών.....	8
<b>1.3 Μικροοργανισμοί εδάφους .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Ενεργοί μικροοργανισμοί .....</b>	<b>10</b>
1.4.1 Η ιστορία των EM .....	11
1.4.2 Σύνθεση των EM.....	12
1.4.3 Οφέλη από τη χρήση EM.....	16
1.4.4 Χρήσεις των Ενεργών Μικροοργανισμών – Τομείς εφαρμογής EM.....	17
1.4.5 Σκευάσματα Ενεργών Μικροοργανισμών .....	18
1.4.6 Ζεόλιθος και EM .....	21
<b>2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>23</b>
<b>3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Γενετικό υλικό .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Πειραματικός σχεδιασμός – Μεταχειρίσεις .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Καλλιεργητικές πρακτικές .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4 Μετρήσεις γνωρισμάτων .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Στατιστική ανάλυση .....</b>	<b>32</b>
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Επίδραση των EM στη βλάστηση, ανάπτυξη και παραγωγικότητα         φυτών τομάτας .....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Ύψος τομάτας .....	37
4.1.2 Περιεχόμενο χλωροφύλλης σε φύλλα τομάτας – SPAD .....	38
4.1.3 Βάρος καρπών τομάτας .....	40

4.1.4 Άλλες παρατηρήσεις .....	41
<b>4.2 Οργανοληπτικά – Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών .....</b>	<b>42</b>
4.2.1 Χρώμα καρπών τομάτας .....	43
4.2.2 Συνεκτικότητα σάρκας καρπών τομάτας .....	45
4.2.3 Βrix χυμού καρπών τομάτας .....	46
4.2.4 pH χυμού καρπών τομάτας .....	47
4.2.5 Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού καρπών τομάτας .....	47
<b>4.3 Συνολική επίδραση των ΕΜ στα ποσοτικά και ποιοτικά γνωρίσματα της τομάτας .....</b>	<b>49</b>
<b>5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>51</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>56</b>
<b>7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>61</b>

## **Κατάλογος Πινάκων**

<b>Πίνακας 4.1</b> Ύψος φυτών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	37
<b>Πίνακας 4.2</b> Περιεκτικότητα χλωροφύλλης φύλλων τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	39
<b>Πίνακας 4.3</b> Βάρος καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	41
<b>Πίνακας 4.4</b> Προσδιορισμός του χρώματος καρπών τομάτας, βάσει των συνιστωσών L*, C* και h, ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	43
<b>Πίνακας 4.5</b> Συνεκτικότητα καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	45
<b>Πίνακας 4.6</b> Βrix χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR)..	46
<b>Πίνακας 4.7</b> pH χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR)....	47
<b>Πίνακας 4.8</b> Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	48



## **Κατάλογος Διαγραμμάτων**

<b>Διάγραμμα 4.1</b> Ύψος φυτών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	38
<b>Διάγραμμα 4.2</b> Περιεκτικότητα χλωροφύλλης φύλλων τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	40
<b>Διάγραμμα 4.3</b> Βάρος καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).....	41
<b>Διάγραμμα 4.4</b> Προσδιορισμός του χρώματος καρπών τομάτας, βάσει των συνιστωσών L*, C* και h, ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	44
<b>Διάγραμμα 4.5</b> Συνεκτικότητα καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	45
<b>Διάγραμμα 4.6</b> Βrix χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	46
<b>Διάγραμμα 4.7</b> pH χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	47
<b>Διάγραμμα 4.8</b> Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR) .....	48

## **Κατάλογος Εικόνων-Σχημάτων**

<b>Εικόνα 1.1</b> Τα συστήματα βιολογικής γεωργίας θέτουν ως βασικό στόχο την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, με διατήρηση αλλά και αύξηση της γονιμότητας των εδαφών. ....	7
<b>Εικόνα 1.2</b> Σύνοψη της δράσης των ενεργών μικροοργανισμών στο οικοσύστημα φυτό - έδαφος.....	15
<b>Εικόνα 1.3</b> Εφαρμογές του σκευάσματος EM1, που αποτελεί την αυθεντική συνταγή, στη γεωργία.....	19
<b>Εικόνα 1.4</b> Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας κομποστοποίησης με αξιοποίηση υπολειμμάτων τροφίμων.....	20
<b>Εικόνα 3.1</b> Πειραματικό σχέδιο, όπου αξιολογήθηκαν 4 ποικιλίες.....	26
<b>Εικόνα 3.2</b> Χρωματόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της έντασης του χρώματος καρπών τομάτας.....	31
<b>Εικόνα 3.3</b> Πενετρόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της συνεκτικότητας της σάρκας καρπών τομάτας.....	32
<b>Εικόνα 4.1</b> Έκπτυξη σποροφύτων ποικιλίας Krakus, έπειτα από την εφαρμογή των EM.....	34
<b>Εικόνα 4.2</b> Συγκριτική απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών της ποικιλίας Saint-Pierre.....	35
<b>Εικόνα 4.3</b> Συγκριτική απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών της ποικιλίας Beta.....	35
<b>Εικόνα 4.4</b> Συγκριτική απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών της ποικιλίας Beta και Saint-Pierre, όπου έχει εφαρμοστεί το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών (EM).....	36
<b>Εικόνα 4.5</b> Φυτά της ποικιλίας Beta, που δέχθηκαν την εφαρμογή με EM.....	36
<b>Εικόνα 4.6</b> Διαδικασία μέτρησης χλωροφύλλης, με τη χρήση του χλωροφυλλόμετρου SPAD, σε φύλλα που προέρχονται από το μεσαίο τμήμα του στελέχους.....	39
<b>Εικόνα 4.7</b> Παραμορφωμένοι καρποί τομάτας σε φυτά-μάρτυρες.....	42
<b>Εικόνα 4.8</b> Προετοιμασία για την εκτίμηση της έντασης χρώματος και τη συνεκτικότητα της σάρκας.....	44

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Δεδομένου ότι ο πληθυσμός της γης συνεχώς αυξάνεται, είναι μείζονος σημασίας η κάλυψη των θρεπτικών αναγκών του. Μέχρι το 1950, η κάλυψη των θρεπτικών αναγκών υπήρξε ανεπαρκής. Ωστόσο τη μετέπειτα περίοδο έως το 1970, δόθηκε έμφαση στην αύξηση της παραγωγής γεωργικών προϊόντων με σκοπό να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού της γης. Η επίτευξη του παραπάνω στόχου βασίστηκε κυρίως στη δημιουργία υψηλοαποδοτικών ποικιλιών, στη δημιουργία ποικιλιών-υβριδίων, οι οποίες παρουσιάζουν υπεροχή λόγω του φαινομένου της ετέρωσης, από την εκμηχάνιση της γεωργίας αλλά και από τη χρήση αυξημένων εισροών στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, συμπεριλαμβανομένου των λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων (Ελευθεροχωρινός, 2003).

Η εκτιμώμενη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το 2050 είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει στην αύξηση των διατροφικών αναγκών στο 100% σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα του 2010 (Godfray, 2010). Είναι πλέον αδιαμφισβήτητο ότι η σίτιση του μελλοντικού παγκόσμιου πληθυσμού θέτει πρωτοφανείς προκλήσεις στην έρευνα που αφορά τη διάρθρωση της γεωργίας, προκλήσεις που κινούνται σε δύο κύριους άξονες: i) την κάλυψη των ολοένα και περισσότερο αυξανόμενων αναγκών σίτισης και ii) τη μείωση των χρησιμοποιούμενων εισροών και τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον. Παράλληλα, βασικό πυλώνα των στόχων που έχουν θεσπιστεί συνιστά η παραγωγή αγροτικών προϊόντων με βελτιωμένη ποιότητα, ιδιαίτερα αναφορικά με την αυξημένη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (Roberts & Mattoo, 2018).

Βάσει των ανωτέρω, είναι προφανές ότι η σύγχρονη γεωργία απαιτεί την ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και την κατά το δυνατό ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων εισροών. Στο πλαίσιο αυτό, βασικό στόχο αποτελεί η ανάπτυξη αειφόρων συστημάτων παραγωγής που θα οδηγούν ταυτόχρονα στην παραγωγή προϊόντων με βελτιωμένη ποιότητα και ασφάλεια.

## 1.1 Εντατικές καλλιέργειες υψηλών εισροών

Είναι γεγονός ότι τις τελευταίες δεκαετίες, η σύγχρονη γεωργία υπήρξε απόλυτα συνυφασμένη με τη μεγιστοποίηση της παραγωγής και την ταυτόχρονη μείωση του κόστους παραγωγής ή διαφορετικά την εκβιομηχάνιση της γεωργίας. Βασική επιδίωξη αποτέλεσε η μεγιστοποίηση της απόδοσης ανά μονάδα επιφάνειας και η κάλυψη των διατροφικών, και άλλων αναγκών, με την αξιοποίηση των διαθέσιμων πεπερασμένων εκτάσεων.

Η διαρκώς αυξανόμενη παραγωγή επετεύχθη μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών και αυξημένων εισροών στις καλλιέργειες, ενώ κεντρικό ρόλο στη διάρθρωση των συστημάτων γεωργίας έπαιξε η επιστήμη της Βελτίωσης Φυτών. Η τελευταία έχει να επιδείξει πληθώρα επιτευγμάτων όπως η δημιουργία σύγχρονων υψηλοαποδοτικών ποικιλιών με βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, η σταθερότητα της απόδοσης και η προσαρμοστικότητα σε ποικίλα περιβάλλοντα, η αποτελεσματικότητα αξιοποίησης εισροών για αύξηση των αποδόσεων καθώς και η αναβαθμισμένη ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης.

Παρά τα οφέλη, είναι αξιοσημείωτο ότι τα εντατικά συστήματα παραγωγής, με την πάροδο του χρόνου, επέφεραν πολυδιάστατες επιπτώσεις τόσο στη γεωργία και κτηνοτροφία όσο και στο περιβάλλον αλλά και τους τελικούς καταναλωτές. Οι δυσμενείς επιπτώσεις αφορούν στα ακόλουθα:

- ρύπανση εδαφών, υδάτων και γενικότερα του περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων,
- σπατάλη ενέργειας σε σημείο που ξεπερνά ακόμη και στις περισσότερες ενεργοβόρες βιομηχανίες
- κλιματική αλλαγή,
- δραστηκότατη μείωση της γενετικής παραλλακτικότητας και εξάλειψη των αρχέγονων γενοτύπων, που τελικά οδήγησε σε γενετική στενωπό (μείωση των διαθέσιμων γονιδιακών αποθεμάτων)
- μη στοχευμένη μείωση της βιοποικιλότητας, λόγω μη εκλεκτικότητας των φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων
- δημιουργία ανθεκτικών γονοτύπων εντός των πληθυσμών των εχθρών, παθογόνων και ζιζανίων

- κίνδυνοι για την υγεία των ζώων,
- κίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων ως τελικοί αποδέκτες της τροφικής αλυσίδας (Δαουτόπουλος & Πυροβέτση, 2002).

Δεδομένου ότι ο 20<sup>ος</sup> αιώνας κληροδοτεί στον 21<sup>ο</sup> αντιλήψεις γεωργίας υψηλών εισροών, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη βελτίωσης/προσαρμογής των συστημάτων καλλιέργειας (Δαουτόπουλος, 2002). Η ανάγκη αυτή συνοψίζεται στα ακόλουθα κύρια σημεία:

α) η σύγχρονη γεωργία οφείλει να εναρμονιστεί με τα διεθνή πρότυπα αειφορίας, που επιτάσσουν τη μείωση των χρησιμοποιούμενων εισροών,

β) η ραγδαία εξελισσόμενη μείωση των διαθέσιμων φυσικών πόρων συγκλίνει επίσης προς την τάση μείωσης των χρησιμοποιούμενων εισροών,

γ) η κλιματική αλλαγή ασκεί τεράστια επιλεκτική πίεση στα καλλιεργούμενα είδη ενώ παράλληλα η προοδευτική υποβάθμιση των εδαφών θέτει φραγμούς στην καλλιέργεια μεγάλων εκτάσεων σε παγκόσμιο επίπεδο και

δ) οι αλλαγές στην επιδημιολογία των παθογόνων, σε συνδυασμό με την εξάντληση των φυσικών πηγών ανθεκτικότητας (γονίδια ανθεκτικότητας) για το σύνολο σχεδόν των επιζήμιων ασθενειών και εχθρών, επιτάσσουν την εύρεση εναλλακτικών στρατηγικών για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας.

Προς την κατεύθυνση αυτή, η έρευνα επικεντρώνεται, μεταξύ άλλων, στην ανάπτυξη αειφόρων συστημάτων παραγωγής που θα βασίζονται στην ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και την κατά το δυνατό ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων εισροών.

## **1.2 Αειφορική ανάπτυξη και αειφόρος γεωργία**

Στην παράγραφο 1 του άρθρου 24 του συντάγματος της Ελλάδος αναφέρεται ότι: «*Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους και δικαίωμα του καθενός. Για τη διαφύλαξή του το κράτος έχει υποχρέωση να*

*παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας».*

Η έννοια της αειφορικής ανάπτυξης περιγράφηκε για πρώτη φορά στην έκθεση που συνέταξε η Παγκόσμια Επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη (World Commission on Environment and Development) το 1987 και αναφερόταν στις απαραίτητες δράσεις ώστε να εξασφαλισθεί η ικανοποίηση των παροντικών αναγκών, η διατήρηση των πόρων και να διασφαλισθεί η δυνατότητα αυτής για τις μελλοντικές γενεές.

Στο πλαίσιο αυτό κινείται και η έννοια της αειφόρου γεωργίας, η οποία αφορά σε ένα μοντέλο παραγωγής που αποσκοπεί στην εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης δυνατότητας παροχής αγαθών και υπηρεσιών, που προέρχονται από τη γεωργία. Στην αειφόρο γεωργία, η έμφαση δίνεται στην οικονομική βιωσιμότητα των εκμεταλλεύσεων και στη διατήρηση και ποιότητα των φυσικών πόρων (Obata et al, 2005). Ειδικότερα, ο όρος αειφόρος αναφέρεται στη γεωργία που χρησιμοποιεί φυσικούς πόρους και διαδικασίες, όπως για παράδειγμα την ανακύκλωση θρεπτικών υλικών, μείωση χρήσης φυτοπροστατευτικών και αναγέννηση φυσικών πόρων. Παράλληλα, απαίτηση της αειφόρου γεωργίας είναι η χρήση εισροών με τρόπο ώστε να καθίσταται δυνατή η ανακύκλωση και επαναξιοποίησή τους. Τέλος, αναφέρεται ότι οι φυσικοί πόροι πρέπει να είναι διαθέσιμοι για μελλοντική χρήση με άριστη παραγωγικότητα (Δαουτόπουλος, 2002).

Είναι βέβαια αξιοσημείωτο ότι η αειφορία είναι μια έννοια ιδιαίτερα σύνθετη και πολυεπίπεδη με συνιστώσες που κινούνται σε τομείς της επιστήμης και έρευνας, της κοινωνίας, της αγροτικής οικονομίας και χάραξης πολιτικής. Η βελτίωση λοιπόν της αειφορίας των συστημάτων παραγωγής και η εξασφάλιση των ωφελειών σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα απαιτεί τη δημιουργία δικτύων που σχετίζονται με την περιβαλλοντική, οικονομική, και κοινωνική διάσταση της αειφορίας (Frits van den Ham, 2002).

### **1.2.1. Οφέλη που συνδέονται με την αειφόρο γεωργία**

Η αειφόρος γεωργία συνιστά σαφώς μία λύση στην πολύπλευρη κρίση που έχει επέλθει ως αποτέλεσμα της εντατικοποίησης και εκβιομηχάνισης της γεωργίας κατά

τις προηγούμενες δεκαετίες. Οι τομείς στους οποίους μπορεί να φανεί ιδιαίτερα επωφελής είναι κοινωνικοί, οικονομικοί και φυσικά περιβαλλοντικοί, τομείς οι οποίοι είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι και χρήζουν πλήρους ισορροπίας μεταξύ τους.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την αειφόρο γεωργία συνοψίζονται σε:

- περιορισμός των εισροών στις καλλιέργειες
- μείωση ή/και αποκατάσταση της περιβαλλοντικής εξασθένισης που έχει επέλθει ως αποτέλεσμα των εντατικών καλλιεργειών
- διατήρηση ή/και σταδιακή αύξηση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων
- μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (εδαφοκλιματικές συνθήκες)
- διατήρηση της γενετικής παραλλακτικότητας και αύξηση του διαθέσιμου γονιδιακού αποθέματος (αυτοφυή είδη, τοπικές ποικιλίες/πληθυσμοί, άγρια είδη, ζιζάνια)
- βελτίωση του αγροτικού εισοδήματος (μείωση χρησιμοποιούμενων εισροών)
- προστασία παράκτιων ζώνων
- κοινωνικά οφέλη (προώθηση αγροτουρισμού, θέσεις εργασίας, αλληλεγγύη με τις επόμενες γενιές, κατανόηση βασικών εννοιών ποιότητας ζωής και ευημερίας (Value Del, 2010).

Προς την κατεύθυνση της αειφόρου γεωργίας, θα πρέπει να αξιοποιηθούν εναλλακτικές μορφές ενέργειας καθώς και εναλλακτικές καλλιεργητικές πρακτικές προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που συνδέονται με την εξάντληση των διαθέσιμων φυσικών πόρων (Φαραγγιτάκης και άλλοι, 2008). Παράλληλα, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι οι άνθρωποι ως αδιάρρηκτα μέρη του οικοσυστήματος πρέπει να αποκτήσουν μία περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον συνείδηση.

### **1.2.2 Βιολογική γεωργία**

Όπως ορίζουν και οι κατευθυντήριες γραμμές του οργανισμού FAO/WHO, η βιολογική γεωργία είναι "ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης της παραγωγής που προάγει και ενισχύει την υγεία του αγρο-οικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας, των βιολογικών κύκλων και της βιολογικής δραστηριότητας του

εδάφους. Η βιολογική γεωργία προάγει όπου αυτό είναι δυνατόν, τη χρήση αγρονομικών, βιολογικών και μηχανικών μεθόδων, αντί των συμβατικών, για την εκπλήρωση οποιασδήποτε συγκεκριμένης λειτουργίας εντός του συστήματος. (Comission of the EU communities, 2004).

Η βιολογική γεωργία είναι ένα μοντέλο γεωργίας που αποσκοπεί στην παραγωγή και προώθηση στην αγορά φρέσκων, εύγευστων και αυθεντικών τροφίμων, σεβόμενη τα φυσικά οικοσυστήματα. Προς την επίτευξη των ανωτέρω στόχων, η βιολογική γεωργία βασίζεται σε ορισμένους κανόνες και αρχές, καθώς και σε κοινές πρακτικές που αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του ανθρώπου στο περιβάλλον, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι το γεωργικό σύστημα λειτουργεί κατά το δυνατόν φυσιολογικά.

Στη βιολογική γεωργία ισχύουν πολύ αυστηρά όρια όσον αφορά τη χρήση χημικών συνθετικών φυτοφαρμάκων, συνθετικών λιπασμάτων, πρόσθετων τροφίμων, και βοηθητικών μέσων επεξεργασίας καθώς και διάφορων άλλων εισροών (EmHellas). Βασικό στόχο αποτελεί η ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, με διατήρηση αλλά και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους.

Συνοπτικά, η άσκηση πρακτικών βιολογικής γεωργίας περιλαμβάνει τα εξής:

- αυστηροί περιορισμοί στη χρήση χημικών συνθετικών φυτοφαρμάκων
- περιορισμοί στη χρήση συνθετικών λιπασμάτων, αντιβιοτικών, πρόσθετων τροφίμων
- περιορισμοί στη χρήση βοηθητικών μέσων επεξεργασίας και άλλων εισροών
- ευρεία εναλλαγή καλλιεργειών (αμειψισπορά) για την αποτελεσματική αξιοποίηση των χρησιμοποιούμενων πόρων
- απαγόρευση της χρήσης γενετικώς τροποποιημένου γενετικού υλικού
- ευρεία χρήση τοπικά προσαρμοσμένων ποικιλιών
- υιοθέτηση συστημάτων ελεύθερης βοσκής και παροχή βιολογικών ζωοτροφών

Φυσικά τα αδιαμφισβήτητα οφέλη είναι η προστασία και αειφορία των φυσικών πόρων, η αποφυγή ρύπανσης νερού, εδάφους και αέρα (παραγωγή μειωμένων εκπομπών C, επιστροφή CO<sub>2</sub> στο έδαφος, μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου



(GHG)), η υιοθέτηση πρακτικών διατήρησης των φυσικών πόρων, η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων καθώς και η διατήρηση της γενετικής παραλλακτικότητας.



**Εικόνα 1.1** Τα συστήματα βιολογικής γεωργίας θέτουν ως βασικό στόχο την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, με διατήρηση αλλά και αύξηση της γονιμότητας των εδαφών.

(Πηγή: [http://agritech.tnau.ac.in/org\\_farm/orgfarm\\_introduction.html](http://agritech.tnau.ac.in/org_farm/orgfarm_introduction.html))

Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι, παρά το οφέλη, η βιολογική γεωργία συνοδεύεται από σημαντικούς περιορισμούς που έγκεινται στα ακόλουθα:

- μειωμένη παραγωγικότητα
- υψηλό κόστος παραγωγής και κατ' επέκταση εμπορίας των βιολογικών προϊόντων
- απαιτητικά συστήματα καλλιέργειας (ώρες εργασίας, εξειδίκευση από μέρους αγροτών)
- δυσκολίες στην εμπορία και προώθηση των βιολογικών προϊόντων
- δυσκολίες στην εφαρμογή αξιόπιστων συστημάτων ελέγχου και πιστοποίησης των βιολογικών προϊόντων.

### 1.2.3 Εναλλακτικές μορφές εισροών

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια το διατροφικό σύστημα, σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει επαναπροσδιορισθεί και κινείται βασιζόμενο σε νέες συνιστώσες, οι οποίες προκύπτουν ως απόρροια των επιπτώσεων από την εντατικοποίηση και εκβιομηχάνιση της γεωργίας. Βασικούς παράγοντες συνιστούν οι ορατές πλέον συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, η ραγδαία εξελισσόμενη μείωση των διαθέσιμων φυσικών και γενετικών πόρων και η ενεργειακή επιβάρυνση από τα σύγχρονα συστήματα καλλιέργειας. Στους παράγοντες αυτούς προστίθενται οι αυξημένες απαιτήσεις των καταναλωτών και της νομοθεσίας σε θέματα υγιεινής, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος, στο πλαίσιο της αειφορίας, αλλά και η ασφάλεια των αγροτικών προϊόντων σε επίπεδο κατανάλωσης. Στο πλαίσιο αυτό, η ασφάλεια των τροφίμων και η ζήτηση για τρόφιμα με ειδικά χαρακτηριστικά, ο σεβασμός στην ποιότητα, συνίστανται σε σημαντικότερες προκλήσεις με τις οποίες έρχεται αντιμέτωπος ο τομέας της αγροδιατροφής.

Η στρατηγική της ΕΕ για την ασφάλεια των τροφίμων περιλαμβάνει τέσσερις κύριους άξονες:

- κανόνες για την ασφάλεια των τροφίμων και των ζωοτροφών
- ανεξάρτητες επιστημονικές γνώμες, στις οποίες έχει πρόσβαση το καταναλωτικό κοινό
- μέτρα για την εφαρμογή των κανόνων και τον έλεγχο των διαδικασιών
- αναγνώριση του δικαιώματος του καταναλωτή να επιλέγει τα τρόφιμα αφού προηγουμένως λάβει ενημέρωση σχετική με την προέλευση και τη σύνθεσή τους (Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2004).

Βάσει των ανωτέρω, και λαμβάνοντας υπόψη τις διατροφικές κρίσεις που έχουν στο παρελθόν λάβει χώρα, σημαντικό στόχο αποτελεί η διαμόρφωση νέων συστημάτων καλλιέργειας που απαιτούν τη χρήση μειωμένων εισροών ή είναι συμβατά με τη χρήση εναλλακτικών εισροών που πληρούν τις προϋποθέσεις της περιβαλλοντικής και καταναλωτικής ασφάλειας (Frits van den Ham, 2002).

Προς την κατεύθυνση αυτή, μεταξύ άλλων έχει διερευνηθεί η αξιοποίηση των ενεργών μικροοργανισμών (EM) ως εναλλακτικών εισροών που μπορεί να

προσφέρουν αύξηση της παραγωγικότητας, βελτίωση της ανθεκτικότητας σε εχθρούς και ασθένειες και βελτίωση της γονιμότητας και σύστασης του εδάφους. Η χρήση των ενεργών μικροοργανισμών είναι συμβατή με τις αρχές της αειφορικής και βιολογικής γεωργίας καθώς συνδέεται με ελαχιστοποίηση της χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων αλλά και εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, όπως η εξοικονόμηση χρήσης νερού. Για τους λόγους αυτούς, η χρήση των EM εφαρμόζεται όλο και περισσότερο στην αειφορική και βιολογική γεωργία (Kdona et al, 2011).

Ο πρώτος που μελέτησε του ανωτέρω οργανισμούς ήταν ο Καθηγητής Higa το 1980 και έκτοτε αρκετές έρευνες επικεντρώθηκαν στον προσδιορισμό της επίδρασης των EM τόσο στο έδαφος όσο και στα καλλιεργούμενα είδη. Η επίδραση αυτή συνίσταται, μεταξύ άλλων, στην αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, στη βιολογική πηγή αζώτου, στη σταθεροποίηση του εδάφους και στον ανταγωνισμό με εδαφογενείς παθογόνους μικροοργανισμούς (Higa & Wididana, 1991).

### **1.3 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Δεδομένου ότι «το έδαφος είναι ένα τριφασικό πολύ δυναμικό οικοσύστημα, το οποίο όμως θα έχανε την δυναμική του χωρίς τα "μικρόβια" που ζουν σε αυτό», αναδεικνύεται η σημασία της σύστασης του υπάρχοντος μικροβιακού φορτίου στα καλλιεργητικά εδάφη (Γκέρτσης, 2016).

Είναι πλέον γνωστό πως οι μικροοργανισμοί αποτελούν τη βάση της οικολογικής πυραμίδας. Οι μικροοργανισμοί του εδάφους, σύμφωνα με την αρχή της επικράτησης, διακρίνονται σε 3 κατηγορίες: i) τους εκφυλιστικούς ή βλαβερούς, ii) τους ωφέλιμους και iii) τους ουδέτερους, οι οποίοι καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό, περίπου 80-90 % (Δαουτόπουλος, 2012) Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος του εδαφικού μικροβιακού φορτίου αναφέρεται ότι ανά 1 κυβική ίντσα = 16,4 cm<sup>3</sup> υπάρχουν 6 δις μικροοργανισμών, από τους οποίους έχει αναγνωρισθεί μόλις το 0,5 %, εκ των 2-3 δις διαφορετικών ειδών που εκτιμάται ότι υπάρχουν (Γκέρτσης, 2016).

Το αποτέλεσμα της δράσης των μικροοργανισμών στο έδαφος αφορά στην αποσύνθεση, απελευθέρωση και εμπλουτισμό των εδαφών με θρεπτικά στοιχεία αλλά στη μορφή με την οποία διατίθενται τα θρεπτικά στο έδαφος (αφομοιώσιμη ή μη αφομοιώσιμη). Λόγω των μεταβολικών τους διεργασιών συνεισφέρουν στην σύνθεση

χρήσιμων ουσιών, καταστέλλουν την αναπαραγωγή παθογόνων, αποστειρώνουν το έδαφος και γενικότερα είναι η βοήθειά τους είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τα φυτά όσο και για τους ανθρώπους. (Δαουτόπουλος, 2012)

#### **1.4 ΕΝΕΡΓΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ**

Οι ενεργοί μικροοργανισμοί (Effective Microorganisms , EM) αποτελούν ένα μίγμα ζωντανών καλλιεργειών μικροοργανισμών, που συνιστούν απομονώσεις από φυσικά γόνιμα εδάφη, και παρουσιάζουν ωφέλειες στη φυτική παραγωγή (Mohan, 2008). Η πρωταρχική δράση των EM σχετίζεται με την αύξηση της βιοποικιλότητας της εδαφικής μικροχλωρίδας, με αποτέλεσμα την έμμεση αύξηση της παραγωγικότητας των φυτών. Παράλληλα, οι ενεργοί μικροοργανισμοί διευκολύνουν την ανάπτυξη και τη δράση των ωφέλιμων μικροοργανισμών. Ακόμη σύμφωνα με την αρχή της επικράτησης, έχουν την ικανότητα να δραστηριοποιούν τους ουδέτερους μικροοργανισμούς προς ωφέλιμες κατευθύνσεις, μετατρέποντας τους δηλαδή σε ωφέλιμους αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο το ποσοστό των ωφέλιμων μικροοργανισμών. (Δαουτόπουλος, 2012).

Κύριο συστατικό των EM συνιστούν τα φωτοσυνθετικά βακτήρια, τα οποία δρουν συνεργιστικά με άλλους μικροοργανισμούς για την κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των φυτών αλλά και την μείωση του πληθυσμού και των επιπτώσεων από την δράση των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών (Condor et al., 2007). Βάσει των ανωτέρω δράσεων, αναφέρεται ότι η τεχνολογία των EM αποτελεί μία μέθοδο που υποστηρίζει τα φυσικά συστήματα καλλιεργειών (“natural farming”) (Subadiyasa, 1997).

Η χρήση των EM βασίζεται στο γεγονός ότι ο εμβολιασμός του εδάφους με καλλιέργειες ωφέλιμων μικροοργανισμών οδηγεί στη δημιουργία περιβάλλοντος που είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη και υγεία των φυτικών ειδών. Οι μικροοργανισμοί EM προτείνεται ότι αλληλεπιδρούν με το οικοσύστημα έδαφος-φυτό, αλληλεπίδραση η οποία οδηγεί στην καταστολή των πολλαπλασιασμού των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών, στη διαλυτοποίηση των μεταλλικών στοιχείων, στη διατήρηση της ενέργειας, στη διατήρηση της μικροβιακής και οικολογικής ισορροπίας του εδάφους, στην αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και στη σταθεροποίηση του αζώτου στο έδαφος (Subadiyasa, 1997).

Είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι η υπερβολική χρήση εισροών, στο πλαίσιο της συμβατικής εντατικής γεωργίας, έχει ως αποτέλεσμα σοβαρότατες επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι οποίες περιλαμβάνουν την οικολογική ανισορροπία των εδαφών καθώς και την αύξηση της ευαισθησίας των καλλιεργούμενων φυτών σε εχθρούς και ασθένειες. Στις επιδράσεις αυτές, συμβάλει, μεταξύ άλλων, και η επικράτηση των επιβλαβών μικροοργανισμών στο έδαφος και η απελευθέρωση ελεύθερων ριζών στο έδαφος μέσα από τις διαδικασίες οξείδωσης. Στο πλαίσιο αυτό, αναφέρεται ότι οι ενεργοί μικροοργανισμοί είναι ικανοί να αντιστρέψουν τις οξειδώσεις που ήδη έχουν συντελεστεί και να οδηγήσουν σε επαναφορά του εδάφους στην αρχική κατάσταση (EmHellas).

#### **1.4.1 Η ιστορία των EM**

Η τεχνολογία των EM αρχικά αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του 1970 (Higa, 2012), ενώ το πρώτο έναυσμα για τους ενεργούς μικροοργανισμούς αποτέλεσε η διατριβή του καθηγητή Κομπαγιάσι Τατσούγι, η οποία παρουσίασε τις δυνατότητες των φωτοσυνθετικών βακτηρίων (1968).

Έχοντας ως όραμα την αξιοποίηση των μικροοργανισμών για την επίλυση του προβλήματος της ανεπάρκειας τροφής και της περιβαλλοντικής ρύπανσης του πλανήτη, ξεκίνησαν οι προσπάθειες δημιουργίας μιγμάτων μικροοργανισμών. Η διαδικασία περιελάμβανε την απομόνωση μικροοργανισμών από διάφορα οικοσυστήματα και τη μετέπειτα μίξη τους. Αρχικά ο πειραματισμός περιλάμβανε το συνδυασμό διαφορετικών ειδών μικροοργανισμών με στόχο την εύρεση του συνδυασμού εκείνου που θα οδηγούσε στην καλύτερη δυνατή ανάπτυξη. Ωστόσο, λόγω ανεπιτυχών προσπαθειών, ορισμένοι μικροοργανισμοί εξαλείφονταν και πρακτικά η δοκιμή σε φυτά γινόταν με απλούστερα μίγματα μικροοργανισμών.

Έπειτα από αρκετές δοκιμές, δημιουργήθηκε ένα μίγμα, που περιείχε κατά βάση βακτήρια γαλακτικού οξέος, φωτοσυνθετικά βακτήρια και ζύμες, το οποίο είχε pH 3.5 (Higa, 1986). Εφόσον πειραματιζόταν με μικροοργανισμούς, και παρόλο που γνώριζε ότι ήταν αβλαβείς ακόμη και στην κατάποσή τους, ο T. Higa τηρούσε σχολαστικά όλες τις παραμέτρους υγιεινής. Κατά συνέπεια, μετά το πέρας κάθε πειραματικής διαδικασίας τοποθετούσε τους μικροοργανισμούς σε έναν κουβά και

τους έριχνε στο γρασίδι, αντί να τους αδειάζει στον υπόνομο. Έπειτα από μία εβδομάδα παρατήρησε πως το γρασίδι, στα σημεία όπου ερχόταν σε επαφή με το μείγμα των μικροοργανισμών, είχε γρηγορότερη ανάπτυξη, και καλύτερη ποιότητα, ήταν δηλαδή πυκνότερο. Έτσι προήλθε η συνειδητοποίηση ότι τη διαφορά την έκανε το μείγμα διαφορετικών ειδών μικροοργανισμών και όχι ένα μόνο είδος μικροοργανισμού.

Τελικά κατέληξε σε έναν συνδυασμό συνύπαρξης διαφορετικών ειδών, αερόβιων και αναερόβιων μικροοργανισμών που πληρούσε τις προϋποθέσεις που είχαν τεθεί, δηλαδή την προώθηση και διατήρηση της υγιούς ανάπτυξης των φυτών το οποίο είχε ως αποτέλεσμα περισσότερες συγκομιδές, μεγαλύτερο αριθμό συγκομιζόμενων προϊόντων καθώς και πιο εύγεστα προϊόντα (Higa, 1993). Έκτοτε, άρχισε να προωθείται η έννοια των EM και των ωφελειών στα συστήματα φυτικής παραγωγής. Η πρώτη σύμπραξη σε εμπορικό επίπεδο αφορούσε σε συνεργασία των Kyusei Nature Farming και EM Technology και σύντομα οδήγησε στην προώθηση των θετικών επιδράσεων από τη χρήση των EM στα οικοσυστήματα της Ιαπωνίας. Σήμερα, η τεχνολογία EM έχει υιοθετηθεί σε περισσότερες από 100 χώρες, όχι μόνο σε επίπεδο πειραματισμού, αλλά και σε επίπεδο εμπορικής παραγωγής και διαχείρισης του περιβάλλοντος (Higa, 2007).

#### 1.4.2 Σύνθεση των EM

Οι ενεργοί μικροοργανισμοί (EM) συνιστούν ένα μείγμα καλλιεργειών ωφέλιμων, φυσικών μικροοργανισμών όπως φωτοσυνθετικά βακτήρια, (πχ *Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter sphaeroides*), γαλακτοβάκιλλοι (πχ *Lactobacillus plantarum*, *L. case* και *Streptococcus lactis*), ζύμες (e.g., *Saccharomyces* spp.), και ακτινομύκητες (*Streptomyces* spp.) (Mohan, 2008; Ncube, 2008; Javaid, 2010). Τα κύρια ωστόσο συστατικά του EM είναι τα φωτοσυνθετικά βακτήρια, που με συνεργασία με άλλους μικροοργανισμούς, υποστηρίζουν τις απαιτήσεις θρέψης των φυτών και μειώνουν τις επιπτώσεις των παθογόνων μικροοργανισμών (Ernst, 2008).

Το σύνολο των μικροοργανισμών βρίσκεται σε πλήρη ισορροπία με τέλεια συμβίωση και παραγωγή συστατικών που ευνοούν την αναγέννηση των εδαφών. Οι μικροοργανισμοί δεν είναι γενετικά τροποποιημένοι (Ernst, 2008). Εκτός από τους

προαναφερθέντες μικροοργανισμούς, το EM περιέχει μεταβολίτες, οι οποίοι με τη σειρά τους οδηγούν στην ενεργοποίηση των ήδη υπαρχόντων ωφέλιμων μικροοργανισμών του εδάφους (EMRO).

Οι μικροοργανισμοί, καθώς και οι κύριες δράσεις τους, που αποτελούν το μίγμα των EM περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω :

#### 1. Φωτοσυνθετικά βακτήρια

Είναι γνωστά, και ως φωτοτροπικά βακτήρια (Ncube, 2008), και είναι αυτότροφοι οργανισμοί, με κεντρικό ρόλο στη δράση των EM. Η δράση τους έγκειται στη σύνθεση χρήσιμων ουσιών όπως αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα, βιοενεργά συστατικά και ζάχαρα, χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας συστατικά από τις εκκρίσεις ριζών ή επιβλαβή αέρια όπως για παράδειγμα το υδρόθειο την οργανική ουσία, την ηλιακή ακτινοβολία και τη γεωθερμική θερμότητα του ήλιου.

Οι μικροοργανισμοί που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία ανήκουν στα γένη : *Rhodobacter* και *Rhodopseudomonas*.

Χάρη σε αυτούς αξιοποιείται σε μεγαλύτερο ποσοστό η ηλιακή ενέργεια και η χρήση αυτής από τα φυτά. Δεδομένου ότι το μέγιστο δυνατό ποσοστό αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα φυτά είναι 10-20 % , και το πραγματικό αξιοποιήσιμο προσεγγίζει το 1 % , ο μόνος τρόπος για να αυξηθεί το πραγματικό ποσοστό είναι με τη βοήθεια των μικροοργανισμών. Τα φωτοσυνθετικά βακτήρια και οι άλγες έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν φάσματα ηλιακής ακτινοβολίας που δεν μπορούν να δεσμεύσουν οι χλωροπλάστες. Σε αντίθεση με τα φυτά, οι εν λόγω μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν την ενέργεια από τη ζώνη της υπέρυθρης ακτινοβολίας (700 – 1,200 nm) για τη σύνθεση οργανικής ουσίας, οδηγώντας έτσι σε προώθηση της ανάπτυξης των φυτών. Η ευεργετική επίδραση των φωτοσυνθετικών βακτηρίων στα φυτά συνίσταται αφενός μεν στους μεταβολίτες τους (ορμόνες και ένζυμα) των οποίων η απορρόφηση είναι άμεση από τα φυτά και αφετέρου παρουσία τους αυξάνεται το ποσοστό άλλων ωφέλιμων μικροοργανισμών, μεταξύ αυτών και τα μυκόρριζα τα οποία ως γνωστό επιδρούν ευεργετικά στα φυτά (Δαουτόπουλος, 2012; Olle & Williams, 2013).

## 2. Ζύμες

Ζυμομύκητες που ανήκουν στα γένη *Saccharomyces* και *Candida* έχουν την ικανότητα να συνθέσουν αντιμικροβιακές ουσίες από τα σάκχαρα και τα αμινοξέα που εκκρίνουν τα φωτοσυνθετικά βακτήρια, την οργανική ουσία του εδάφους και τις ρίζες των φυτών (Δαουτόπουλος, 2012). Επίσης από τις ζύμες παράγονται βιοενεργά συστατικά, όπως ορμόνες, και ένζυμα, τα οποία επάγουν την ενεργή κυτταρική διαίρεση και τη διαίρεση των ριζών. Παράλληλα, οι εκκρίσεις συνιστούν ωφέλιμα υποστρώματα για τα EM, εξασφαλίζοντας την ομαλή συνύπαρξη των βακτηρίων του γαλακτικού οξέως και των ακτινομυκήτων (Condor et al., 2007; Ncube, 2008).

## 3. Βακτήρια γαλακτικού οξέος

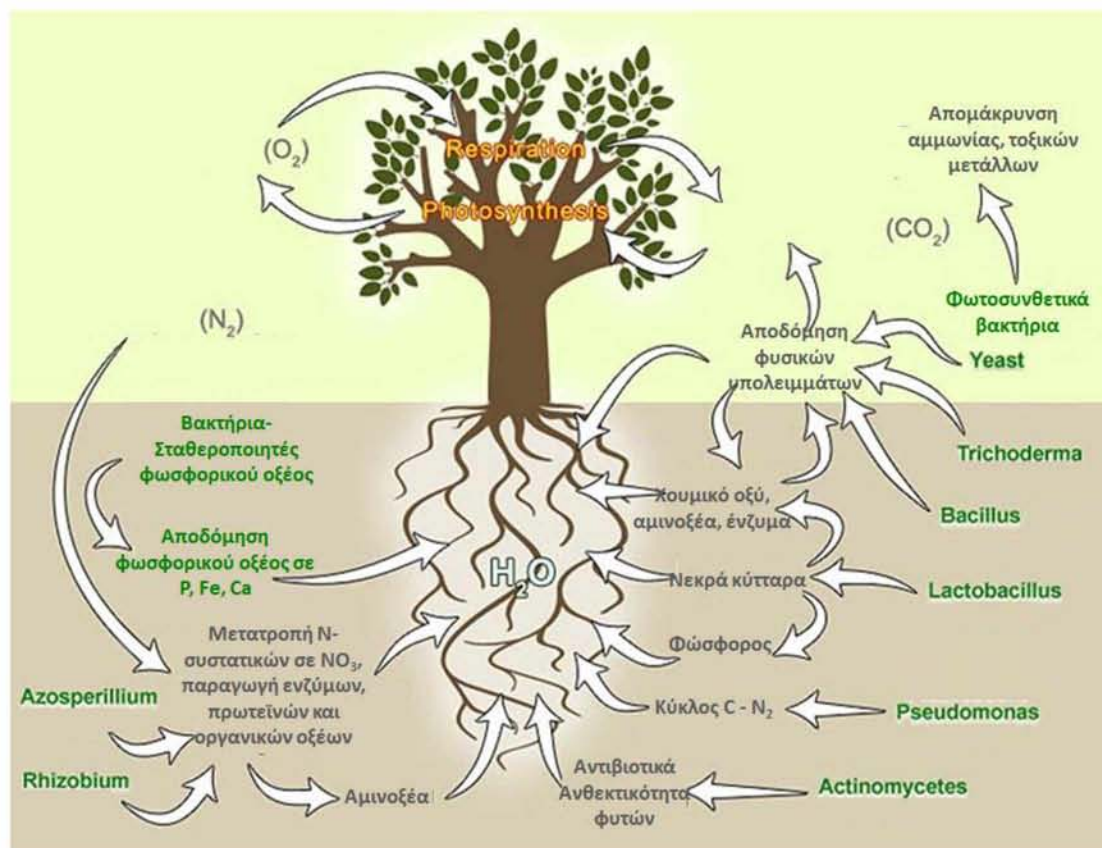
Τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος συνθέτουν γαλακτικό οξύ από τα σάκχαρα και τους υδατάνθρακες που παράγουν τα φωτοσυνθετικά βακτήρια και οι ζυμομύκητες. Παρουσία γαλακτικού οξέος στο έδαφος, καταστέλλεται η δράση βλαβερών μικροοργανισμών (π.χ. νηματώδεις), επιταχύνεται η διαδικασία αποδόμησης της οργανικής ουσίας του εδάφους, ιδιαίτερα της λιγνίνης και της κυτταρίνης (Condor et al., 2007). Επιπροσθέτως, τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος καταστέλλουν την εμφάνιση, τη δράση και τον πολλαπλασιασμό επιβλαβών μυκήτων του γένους *Fusarium* spp. (Δαουτόπουλος, 2012). Στο πλαίσιο αυτό, μελέτες έχουν καταδείξει ότι η παρουσία βακτηρίων γαλακτικού οξέος έχουν οδηγήσει στην καταστολή της ανάπτυξης του *Fusarium* και στην έμμεση εξάλειψη νηματωδών που σχετίζονται με την παρουσία του *Fusarium* spp. (Condor et al., 2007).

## 4. Ακτινομύκητες

Οι ακτινομύκητες είναι μικροοργανισμοί, οι οποίοι εμφανίζουν δομή ενδιάμεση αυτής των βακτηρίων και μυκήτων και παράγουν αντιμικροβιακά συστατικά από τα αμινοξέα που εκκρίνονται από τη δράση των φωτοσυνθετικών βακτηρίων και την οργανική ουσία του εδάφους. Τα παραχθέντα συστατικά καταστέλλουν τη δράση επιζήμιων βακτηρίων και μυκήτων. Οι ακτινομύκητες μπορεί να συνυπάρξουν με τα φωτοσυνθετικά βακτήρια, δρώντας συνεργιστικά προς την βελτίωση του εδαφικού περιβάλλοντος, μέσω της αύξησης της αντιμικροβιακής δραστηριότητας του εδάφους (Condor et al., 2007). Επίσης, οι ακτινομύκητες απωθούν τα έντομα και εμποδίζουν την αναπαραγωγή τους. Αυτό συμβαίνει διότι τρέφονται από τη χιτίνη του σώματος



των προνυμφών δυσχεραίνοντας την ανάπτυξη τους και τη μεταμόρφωση τους (Ncube, 2008).



**Εικόνα 1.2** Σύνοψη της δράσης των ενεργών μικροοργανισμών στο οικοσύστημα φυτό - έδαφος.

(Πηγή: <http://effectivemicroorganism-mgecotech.blogspot.com/>)

Το γεγονός της συνύπαρξης καθώς και της αρμονίας και ισορροπίας μεταξύ αερόβιων αναερόβιων οργανισμών στο έδαφος είναι δυσνόητο και αμφισβητήσιμο για πολλούς. Τα φωτοσυνθετικά βακτήρια που βρίσκονται στο μίγμα των ενεργών μικροοργανισμών αλλά και στο έδαφος είναι αναερόβια ενώ τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια που βρίσκονται στο έδαφος είναι αερόβια. Η συνύπαρξη τους βασίζεται στην ανταλλαγή μεταξύ τους θρεπτικών υλικών και στην αξιοποίηση των πρωτογενών ή δευτερογενών μεταβολιτών των μεν από τα δε (Higa, 2007).

Σε ότι αφορά τη δράση του οξυγόνου, τα αζωτοβακτήρια (αερόβιοι οργανισμοί) με περίσσεια οξυγόνου υπερπολλαπλασιάζονται έως ενός σημείου πέραν του οποίου δεν υπάρχουν αρκετές ποσότητες για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Σε εκείνο ακριβώς το σημείο (ανεπάρκεια οξυγόνου), επωφελούνται τα φωτοσυνθετικά βακτήρια τα οποία υπό τις συνθήκες αυτές αναπτύσσονται και αναπαράγονται (Higa, 1993).

### 1.4.3 Οφέλη από τη χρήση EM

Η χρήση των EM, έρχεται σε συμφωνία με την θεωρία του Mokichi Ocada για την πρακτική εφαρμογή των φυσικών μεθόδων, όπου υπογραμμίζεται ότι το έδαφος αποτελεί τον βασικό καλλιεργητή του εαυτού του. Υπό αυτή την έννοια, προτείνεται ότι οι παρεμβάσεις από τον άνθρωπο πρέπει απλώς να συμβάλουν στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών ώστε να καταστεί εφικτή η εκδήλωση των φυσικών ικανοτήτων του εδάφους.

Με τον τρόπο αυτό, οι καλλιέργειες καθίστανται οικονομικά βιώσιμες, προστατευμένες με φυσικά μέσα ενώ παράλληλα, δημιουργείται ένα σύστημα ολιστικής προσέγγισης προς την εξυγίανση της παραγόμενης τροφής και την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος. Τα ανωτέρω, σε συνδυασμό με τις πολλαπλές συγκομιδές στις καλλιέργειες που επιτρέπει η χρήση των EM καθώς και την υψηλή ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων που έχει αναφερθεί σε αρκετές περιπτώσεις εφαρμογής των EM, καθιστούν τη χρήση των EM βιώσιμη και ανταγωνιστική και πολλά υποσχόμενη (Higa, 1993).

Τα οφέλη που έχουν αναφερθεί από τη χρήση των EM, σύμφωνα με τους Higa & Parr (1994) συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- προώθηση της βλάστησης, άνθισης, καρπόδεσης και ωρίμανσης των φυτών
- βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του εδαφικού περιβάλλοντος
- καταστολή της ανάπτυξης των παθογόνων και εχθρών εδάφους
- αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών
- βελτίωση της εγκατάστασης των καλλιεργειών, μέσω της βελτιωμένης βλάστησης
- αύξηση της ωφέλιμης δράσης της οργανικής ουσίας (λίπασμα)

Οι προαναφερθείσες θετικές επιδράσεις στο σύνολό τους οδηγούν σε βελτίωση της απόδοσης και ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι EM δεν εντάσσονται στην κατηγορία των εντομοκτόνων ή άλλων χημικών φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων και δεν περιέχουν συστατικά που εμπίπτουν στις κατηγορίες αυτές. Αντιθέτως, συνιστούν μικροοργανισμούς που λειτουργούν ως παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης που καταστέλλουν ή ελέγχουν τους εχθρούς, μέσω της ενσωμάτωσης στο οικοσύστημα φυτό-έδαφος ωφέλιμων μικροοργανισμών. Τελικά, οι εχθροί και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστέλλονται ή ελέγχονται από την ανταγωνιστική δράση των ενεργών μικροοργανισμών (Higa & Paag, 1994).

#### **1.4.4 Χρήσεις των Ενεργών Μικροοργανισμών - Τομείς εφαρμογής EM**

Σύμφωνα με τα ευρήματα σχετικών ερευνών, θεωρείται πλέον αποδεκτό ότι οι ενεργοί μικροοργανισμοί αποτελούν σημαντικό παράγοντα στη γεωργία όσον αφορά την ανάπτυξη και ευρωστία των καλλιεργειών. Ανεξάρτητα όμως από την αξιοποίηση των EM στα συστήματα φυτικής παραγωγής, αναφέρονται και άλλα πεδία εφαρμογής τους, τα οποία σχετίζονται με οικιακές ή βιομηχανικές χρήσεις. Στο πλαίσιο αυτό, περισσότερες από 100 χώρες, σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν υιοθετήσει τη χρήση των EM. Οι τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται EM είναι οι ακόλουθοι (EMRO).

- Καθαριότητα

Τα καθαριστικά που περιέχουν EM αναφέρεται ότι συμβάλουν στην εξουδετέρωση των δυσάρεστων οσμών, στην καθαριότητα και μπορούν να υποκαταστήσουν πλήρως τα συμβατικά προϊόντα καθαρισμού (EmHellas)

- Πόσιμο νερό

Αναφέρεται ότι με την προσθήκη EM στο πόσιμο νερό, μειώνεται η συγκέντρωση βλαβερών ουσιών που ενδεχομένως υπάρχουν. Ειδικότερα, αναφέρεται ότι μέσω της τεχνολογίας των ενεργών μικροοργανισμών απομακρύνονται χημικές ενώσεις και το νερό ανανεώνεται προσομοιάζοντας με

νερό πηγής. Δεδομένου ότι ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται κατά 75% από νερό, γίνεται αντιληπτό ότι κατανάλωση είναι ζωτικής σημασίας για λειτουργία των οργανισμών. Ακόμη, έχει μελετηθεί σύστημα ανακύκλωσης και επεξεργασίας με ενεργούς μικροοργανισμούς πόσιμου νερού ώστε να είναι κατάλληλη η μεταφοράς και πόση του από περιοχές, οι οποίες πάσχουν από λειψυδρία (Higa, 2007)

- Υγεία ανθρώπων και ζώων

Σημαντικός πρόσθετος τομέας εφαρμογής των EM είναι η υγεία ανθρώπων και ζώων. Τα τελευταία χρόνια οι καταναλωτές και παράλληλα ασθενείς, επιλέγουν εναλλακτικές μεθόδους για την επίλυση ιατρικών ζητημάτων, αποφεύγοντας τις συμβατικές ιατρικές και φαρμακευτικές οδούς. Παράδειγμα αποτελεί η λήψη ροφημάτων EM που ενισχύουν την άμυνα του ανοσοποιητικού (Higa, 2007).

Προς την κατεύθυνση αυτή, έχουν δημιουργηθεί προϊόντα ειδικού σκευάσματος EM και προβιοτικών, τα οποία θωρακίζουν τον ανθρώπινο οργανισμό, ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα και προλαμβάνουν ασθένειες. Ακόμη, υπάρχουν διαθέσιμα συμπληρώματα διατροφής αλλά και προϊόντα αντιμετώπισης ελεύθερων ριζών. Η χρήση των EM στην κτηνοτροφία, πτηνοτροφία και μελισσοκομία βοηθά στην ελαχιστοποίηση των αντιβιοτικών, ενισχύοντας το ανοσοποιητικό σύστημα και καταπολεμώντας τις ασθένειες (EmHellas)

#### **1.4.5 Σκευάσματα Ενεργών Μικροοργανισμών**

Λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που υπάρχει γύρω από τους ενεργούς μικροοργανισμούς, και τη διάδοση των θετικών επιδράσεών τους, έχει αναπτυχθεί πληθώρα σκευασμάτων που βρίσκουν εφαρμογή σε διαφορετικές χρήσεις (EMRO). Όλα τα σκευάσματα υπηρετούν τις χρήσεις και τα πεδία εφαρμογής που ήδη έχουν αναφερθεί. Έκτος από τους διάφορους τύπους σκευασμάτων, απαντώνται και πολλαπλές μορφές, υφές και μίξεις αυτών. Τα κυριότερα σκευάσματα αναφέρονται παρακάτω:

#### 1.4.5.1 EM1, EM5, Ενεργοποιητής εδάφους

Το ανωτέρω σκεύασμα εισάγεται στην Ελλάδα σε υγρή κυρίως μορφή με pH 3,2 (Guim,2002). Η εισαγωγή του σκευάσματος γίνεται από τη Γερμανία, διότι το επίπεδο κατανάλωσης δεν επιτρέπει την εγχώρια παραγωγή του. Κατά την εισαγωγή, οι περιεχόμενοι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε κατάσταση ληθάργου και ενεργοποιούνται πριν τη διάθεσή τους στο εμπόριο, διότι η διάρκεια ζωής τους είναι 12 μήνες (Δαουτόπουλος, 2012). Ωστόσο, στις πλείστες των περιπτώσεων παραμένουν σε υγρή μορφή και έπειτα από τη διαδικασία ενεργοποίησής τους.

Το σκεύασμα EM1 αποτελεί το θεμέλιο των σκευασμάτων EM καθώς αυτό συνιστά την αυθεντική, πρώτη εφεύρεση του T. Higa (EMRO). Το EM1 χρησιμοποιείται κυρίως ως βάση για τον πολλαπλασιασμό αλλά και σε μίξη με άλλα σκευάσματα λειτουργεί ως βελτιωτικό εδάφους. Συνδυάζοντας το EM1 με ξύδι, σκόρδο και καυτερή πιπεριά παράγεται το EM5, σκεύασμα που λειτουργεί ως εντομοαπωθητικό και ενισχυτικό φυλλώματος. Επιπλέον, διατίθεται και το σκεύασμα - ενεργοποιητής εδάφους, το οποίο παρασκευάζεται με διαδικασία κομποστοποίησης (χούμους) και πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών (EmHellas)



**Εικόνα 1.3** Εφαρμογές του σκευάσματος EM1, που αποτελεί την αυθεντική συνταγή, στη γεωργία.

(Πηγή: <https://www.slideshare.net/teraganix/composting-bokashi>)

#### 1.4.5.2 Βοκάσι

Το Βοκάσι είναι μίγμα από πίτουρο (ρυζιού ή σιταριού) και Ενεργούς Μικροοργανισμούς και ουσιαστικά συνιστά το σκεύασμα οργανικής ουσίας με προσθήκη ενεργών μικροοργανισμών (Βοκάσι, EmHellas). Έπειτα από ανάμιξη όλων των υλικών, ακολουθεί επώαση 2 εβδομάδων για ζύμωση σε καλά σφραγισμένα δοχεία.

Το Βοκάσι χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό σε ζωοτροφές, και ως ενισχυτικό του ανοσοποιητικού τους συστήματος. Είναι το σκεύασμα το οποίο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ζήτηση από τους καταναλωτές των EM (Ncube, 2008).



**Εικόνα 1.4** Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας κομποστοποίησης με αξιοποίηση υπολειμμάτων τροφίμων.

(Πηγή: <https://cedar-grove.com/about-us>)

Πειραματικά αποτελέσματα με δύο διαφορετικά σκεύασματα Βοκάσι έδειξαν αύξηση του όγκου του εδάφους 5 %. Το πρώτο σκεύασμα Βοκάσι έτοιμο για χρήση αφήθηκε για 1 ώρα στους 121°C, χωρίς την προσθήκη ενεργοποιημένων EM. Ακολούθως για 2 ημέρες, ανοίχτηκε ώστε να εισαχθούν οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στον αέρα. και εν συνεχεία αποθηκεύτηκε στους 20° C. Στο δεύτερο σκεύασμα Βοκάσι,

προστέθηκαν EM χωρίς προηγούμενη εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας (Shin et al, 2017).

#### **1.4.5.3 EM - X Κεραμικά**

Η έρευνα της επίδρασης των EM σε συνδυασμό με την άργιλο οδήγησε στη δημιουργία των EM-X γκρι και EM-X ροζ κεραμικών, τα οποία αποτελούνται από ειδικά ζυμωμένο ορυκτό της άργιλου του μοντμοριλονίτη με EM, ψημένη σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 600° C. Παρά τις ακραίες θερμοκρασίες, καθίσταται εφικτή η επιβίωση των μικροοργανισμών, καθώς η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε αναερόβιες συνθήκες (Δαουτόπουλος, 2012). Οι ενεργοί μικροοργανισμοί μπορούν να διατεθούν και σε κεραμική μορφή έπειτα από ψήσιμο σε πήλινα σκεύη. Στην μορφή αυτή η δραστηριότητα τους παραμένει ενεργή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έχουν συνδεθεί κυρίως με την εφαρμογή τους στο νερό, προσδίδοντάς του ανανέωση και προσομοίωση με νερό πηγής. Αναφέρεται επίσης ότι όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα παραμένουν στο νερό, τόσο περισσότερο το ευεργετούν (Em Sustainable Living, 2010).

Πιο συγκεκριμένα τα κεραμικά EM-X γκρι, βοηθούν στη βελτίωση των ιδιοτήτων του νερού. Εφαρμόζονται σε συσκευές και εξοπλισμό που χρησιμοποιούν νερό για τη λειτουργία τους όπως κανάτες που φιλτράρουν το νερό, πλυντήριο ρούχων, καζανάκι, πισίνες, κ.α. (EmHellas)

Οι EM-X ροζ χρησιμοποιούνται ως απορροφητικά μόρια, καθώς στους πόρους τους μπορούν να συγκρατήσουν διάφορα στοιχεία όπως χλώριο, φθόριο και ιόντα μετάλλων. Αναφέρεται ότι κατά την πρώτη εφαρμογή τους σε νερό, οδηγούν στην απομάκρυνση ορισμένης ποσότητας σκόνης, με αποτέλεσμα το νερό να πάρει κόκκινο χρώμα. Συνίσταται η παραμονή τους σε νερό, με συχνή αντικατάσταση του νερού, έως ότου γίνει τελείως καθαρό. Τότε είναι έτοιμα προς χρήση (EmHellas).

#### **1.4.6 Ζεόλιθος και EM**

Το 1756 ο Axel Fredrik Cronstedt, μελέτησε τις ιδιότητες ενός ένυδρου ορυκτού, το οποίο και ονόμασε ζεόλιθο . Ο ζεόλιθος είναι μικροπορώδες αργιλλοπυριτικό ορυκτό. Λόγω των ομοιόμορφων μικροπόρων που διαθέτει, έχει εξαιρετικές προσροφητικές

και καταλυτικές ιδιότητες. Όταν θερμαίνεται, χάνει το νερό που βρίσκεται στο σύμπλεγμά του υπό μορφή φυσαλίδων. Έχει τρισδιάστατη κρυσταλλική δομή (Prisa, 2017). Το πεδίο της μελέτης όσον αφορά το ζεόλιθο είναι ανοιχτό και πολύ μεγάλο, λόγω των ιδιοτήτων του, και των νέων ευρημάτων σε ηλεκτρικά, μαγνητικά, φαρμακευτικά και άλλα πεδία εφαρμογής (Yu, 2007).

Ο ζεόλιθος έχει μελετηθεί σε πειράματα με τους ενεργούς μικροοργανισμούς, όπου μελετήθηκε τόσο η συνδυαστική όσο και η συγκριτική επίδρασή του με αυτούς. Στο πλαίσιο αυτό, πραγματοποιήθηκε έρευνα όπου μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης λιπάσματος, ζεόλιθου, μυκορριζών και EM, σε συνθήκες κανονικής άρδευσης και σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, σε φυτά *Phaseolus vulgaris var. Canelino*. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι το βάρος της χλωρής βιομάζας των λοβών παρουσίαζε τις μεγαλύτερες τιμές στις μεταχειρίσεις που περιείχαν EM. Αντίθετα, οι μικρότερες τιμές σημειώθηκαν στις μεταχειρίσεις που περιείχαν αποκλειστικά ζεόλιθο, ή ζεόλιθο και μυκορριζες. Επίσης, το χλωρό βάρος των βλαστών εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές στις μεταχειρίσεις που περιείχαν EM. Ο συνδυασμός EM με ζεόλιθο σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης είχε θετική επίδραση στη χλωρή αλλά στην ξηρή βιομάζα των φύλλων (Κουλυμπούδη και άλλοι, 2015).

Επιπρόσθετα, διενεργήθηκαν πειράματα στην Περσία για 7 συνεχόμενα έτη όπου μελετήθηκε η επίδραση του συνδυασμού EM - ζεόλιθο αναφορικά με το ποσοστό ριζοβολίας, την ανθεκτικότητα ριζών, τη μείωση θνησιμότητας ριζών κατά τη μεταφύτευση καθώς και την ανάπτυξη σε δένδρα ελιάς. Το πείραμα διεξήχθη από το αρχικό στάδιο των φυτών έως ότου φτάσουν στο 7<sup>ο</sup> έτος καλλιέργειας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η συνδυαστική χρήση EM – ζεόλιθου οδηγεί σε αυξημένο ποσοστό επιτυχούς ριζοβολίας των μοσχευμάτων ελιάς, μεγαλύτερο βάρος ριζών, μικρότερη ανάπτυξη μικρών ριζιδίων, λόγω συγκράτησης του νερού κοντά στις κεντρικές ρίζες κυρίως λόγω του ζεόλιθου, μεγαλύτερο ύψος φυτών και μεγαλύτερο βάρος καρπών (Prisa, 2017).



## 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

---

Δεδομένου ότι υπάρχει πληθώρα αναφορών σχετικά με την ευεργετική επίδραση των ενεργών μικροοργανισμών στην ανάπτυξη, θρέψη και ανθεκτικότητα ποικίλων καλλιεργούμενων ειδών, σκοπό της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η αξιολόγηση της επίδρασής τους στην καλλιέργεια της τομάτας. Προς την κατεύθυνση αυτή, εφαρμόστηκε εμπορικό σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών σε εμπορικές ποικιλίες τομάτας και μελετήθηκε η επίδραση των EM, σε αναπτυξιακό, ποιοτικό και οργανοληπτικό επίπεδο. Η αξιολόγηση έγινε συγκριτικά, με φυτά μάρτυρες, και αφορούσε σε χαρακτηριστικά όπως το ύψος των φυτών, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, το βάρος των καρπών, η απόδοση ατομικών φυτών σε καρπό καθώς και ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών όπως το χρώμα, η συνεκτικότητα. Τέλος, αξιολογήθηκαν χαρακτηριστικά του χυμού όπως το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αναμένεται να παράσχουν σημαντικές ενδείξεις σχετικά με την επίδραση των ενεργών μικροοργανισμών στην καλλιέργεια τομάτας.

### 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

---

#### 3.1 Γενετικό υλικό

Το γενετικό υλικό που αξιοποιήθηκε ήταν 4 εμπορικές ποικιλίες τομάτας:

- Imur Prior Beta (Beta)

Είναι ποικιλία που προέρχεται από τη Νορβηγία. Ευδοκίμει σε ψυχρά κλίματα με σύντομη περίοδο υψηλών θερμοκρασιών. Οι καρποί είναι στρόγγυλοι, κόκκινοι και διακρίνονται για την εξαιρετική τους γεύση. Χαρακτηριστικό των καρπών είναι ότι είναι ιδιαίτερα χυμώδεις και εμφανίζουν αξιοσημείωτη γλυκύτητα. Τα φυτά είναι μικρού έως μεσαίου μεγέθους. Είναι υψηλοαποδοτική, πρώιμη ποικιλία.

- Krakus

Η ποικιλία 'Krakus' είναι όψιμη με φυτά που εμφανίζουν μεγάλο ύψος. Ενδείκνυται η καλλιέργειά της υπό κάλυψη. Οι καρποί είναι ζουμεροί, κόκκινου χρώματος και διακρίνονται για την απαλή φλούδα. Αξιοποιείται κυρίως ως επιτραπέζια τομάτα.

Η σπορά γίνεται μέσα Μαρτίου έως αρχές Απριλίου ενώ οι καρποί προορίζονται για συγκομιδή από τα τέλη Ιουλίου έως και τις αρχές Οκτωβρίου. Η μεταφύτευση λαμβάνει χώρα κατά τα μέσα Μαΐου. Η βλαστική φάση διαρκεί περίπου 120 ημέρες.

- Rouge de Marmande (Marmande)

Η Marmande είναι μία από τις πλέον δημοφιλείς και διαδεδομένες ποικιλίες τομάτας παγκοσμίως. Είναι πρώιμη ποικιλία, μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους που χαρακτηρίζεται για το πεπλατυσμένο σχήμα των καρπών και την απουσία σπόρων. Οι καρποί διακρίνονται για την εξαιρετική γεύση τους, ενώ το μέγεθός τους μπορεί να φτάσει έως και τα 9 cm διάμετρο. Οι καρποί σχηματίζονται σε τσαμπί και εμφανίζουν βαθύ κόκκινο χρώμα. Ευδοκίμει σε εύκρατα κλίματα και εμφανίζει ικανοποιητική καρπόδεση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά

με άλλες εμπορικές ποικιλίες. Οι καρποί της αποτελούν άριστη πηγή βιταμινών C, A και E, καλίου, ινών και αντιοξειδωτικών. Τέλος, χαρακτηρίζεται από ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες.

- Saint-Pierre (St Pierre)

Είναι παραδοσιακή ποικιλία, ακαθόριστης ανάπτυξης, που προέρχεται από τη Γαλλία. Τα φυτά έχουν ανθεκτικό στέλεχος που αντέχει την επιβάρυνση μεσαίων ή και μεγάλων αποδόσεων. Οι καρποί είναι μεσαίου μεγέθους, κόκκινου χρώματος, σφαιρικοί με χοντρή αλλά απαλή φλούδα και σαρκώδη σάρκα εξαιρετικής γεύσης. Παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα σε περιοχές με ψυχρό κλίμα.

### 3.2 Πειραματικός σχεδιασμός - Μεταχειρίσεις

Το πείραμα διεξήχθη στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Γενετικής Βελτίωσης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Π.Θ. (Ν. Ιωνία Μαγνησίας). Η σπορά έγινε στις 17 Μαρτίου, ενώ το πείραμα στο θερμοκήπιο εγκαταστάθηκε στις 5 Μαΐου 2017.

Για κάθε ποικιλία τομάτας εφαρμόστηκαν 2 μεταχειρίσεις των 10 επαναλήψεων (ατομικά φυτά). Η πρώτη μεταχείριση αφορούσε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε μίγμα τύρφης και περλίτη σε αναλογία 3:1 (φυτά C), ενώ η δεύτερη μεταχείριση ήταν φυτά που αναπτύχθηκαν σε μίγμα τύρφης και περλίτη (3:1) όπου προστέθηκε το μίγμα ενεργών μικροοργανισμών (φυτά EM).

Ο χώρος του θερμοκηπίου χωρίστηκε σε 2 πειραματικά τεμάχια, τα οποία αποτελούνταν από 4 σειρές (1 σειρά / ποικιλία) των 10 φυτών τομάτας (επαναλήψεις). Οι αποστάσεις επί των σειρών ήταν 35 cm και μεταξύ των σειρών περίπου 1,20 m. Μεταξύ των 2 πειραματικών τεμαχίων υπήρχε κενός διάδρομος. Η συνολική έκταση που καταλάμβαναν τα φυτά ήταν 166 m<sup>2</sup> περίπου.

Στο πείραμα συνολικά συμμετείχαν 80 φυτά, εκ των οποίων τα 40 αξιοποιήθηκαν ως μάρτυρες (C) και τα υπόλοιπα 40 αξιολογήθηκαν αναφορικά με την επίδραση των EM στην ανάπτυξη, παραγωγικότητα και ποιότητα των παραγόμενων καρπών.

Στην Εικόνα 3.1 απεικονίζεται η κάτοψη του πειραματικού σχεδίου για την αξιολόγηση των 4 ποικιλιών τομάτας. Οι μεταχειρίσεις αφορούσαν σε φυτά-μάρτυρες (C) και φυτά στα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών (EM).

C											EM											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Δ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	Δ	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
3	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	P	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
4	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	O	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
											Σ											

**Εικόνα 3.1** Πειραματικό σχέδιο, για την αξιολόγηση των 4 ποικιλιών. Οι μεταχειρίσεις αφορούσαν σε φυτά-μάρτυρες (C) και φυτά στα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών (EM). Όπου B: Beta, K: Krakus, M: Marmande, SP: Saint-Pierre.

Τελικά, από τις 10 επαναλήψεις που είχαν αρχικά προβλεφθεί, αξιοποιήθηκαν οι τέσσερις επαναλήψεις που παρείχαν πλήρη δεδομένα, και οι αναλύσεις και τα συμπεράσματα που ακολουθούν αφορούν στις 4 αυτές επαναλήψεις. Ο αριθμός αυτός των επαναλήψεων είναι επαρκής για την αξιοπιστία των συμπερασμάτων.

### 3.3 Καλλιεργητικές πρακτικές

Το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών που χρησιμοποιήθηκε ήταν το EM1a της εταιρίας ΟΙΚΟ-EM.

#### Υλικά

- Τύρφη primo substrat Περλίτης
- 50 ml σκευάματος EM1a / 4 λίτρα νερό
- Πλαστικό δοχείο 4 lt
- Πλαστική δεξαμενή
- Γλάστρες χωρητικότητας 2 λίτρων
- Σπόροι τομάτας ποικιλιών Beta, Krakus, Marmande, Saint-Pierre

- Πλαστικό ποτήρι 250 ml

Η σπορά των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 17-Μαρ-2017. Η ανάπτυξη των φυτών μετά τη σπορά έγινε σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας (25°C, φωτοπερίοδος: 16 h φως/8 h σκοτάδι).

- Προετοιμασία εδαφικού υποστρώματος με EM για την ανάπτυξη φυτών (EM)

Η προετοιμασία του εδάφους που θα υποδεχόταν τους ενεργούς μικροοργανισμούς περιλάμβανε ενεργοποίηση 1 μήνα πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Για το σκοπό αυτό, αρχικά έγινε μίγμα τύρφη : περλίτη σε αναλογία 3:1, σε πλαστική δεξαμενή, και ακολούθησε η ενσωμάτωση στο υπόστρωμα των ενεργών μικροοργανισμών σε εβδομαδιαία βάση για διάστημα ενός μήνα. Για την ενσωμάτωση των ενεργών μικροοργανισμών, παρασκευάστηκε διάλυμα EM, περιεκτικότητας 50 ml σκευάσματος EM σε 4 λίτρα νερό. Μετά το πέρας των 4 εβδομάδων, το εδαφικό υπόστρωμα περιείχε ενεργοποιημένους μικροοργανισμούς και ήταν έτοιμο για τη σπορά.

Το υπόστρωμα τοποθετήθηκε σε γλάστρες χωρητικότητας 2 λίτρων και ακολούθησε η σπορά των φυτών τομάτας στις 17-Μαρ-2017. Τοποθετήθηκαν 5 σπόροι ανά γλάστρα. Αμέσως μετά τη σπορά, ακολούθησε άρδευση με διάλυμα EM ίδιας συγκέντρωσης. Τα φυτά παρέμειναν μέχρι τη μεταφύτευσή τους σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας (25°C, φωτοπερίοδος: 16 h φως/8 h σκοτάδι).

- Προετοιμασία εδαφικού υποστρώματος για ανάπτυξη φυτών (C)

Σε πλαστική δεξαμενή αναμοχλεύτηκαν τύρφη και περλίτης σε αναλογία 3:1 αντίστοιχα. Το εδαφικό υπόστρωμα τοποθετήθηκε σε γλάστρες χωρητικότητας 2 λίτρων και ακολούθησε η σπορά των φυτών τομάτας στις 17-Μαρ-2017. Τοποθετήθηκαν 5 σπόροι ανά γλάστρα.

Αμέσως μετά τη σπορά, ακολούθησε άρδευση με νερό βρύσης. Τα φυτά παρέμειναν μέχρι τη μεταφύτευσή τους σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας (25°C, φωτοπερίοδος: 16 h φως/8 h σκοτάδι).

- Άρδευση Φυτών

Τα φυτά του μάρτυρα δεχόταν άρδευση με νερό της βρύσης. Στα φυτά EM, η άρδευση γινόταν με διάλυμα σκευάσματος EM, περιεκτικότητας 50 ml σκευάσματος EM σε 4 λίτρα νερό. Το διάλυμα EM παρασκευάζονταν πάντα πριν από τη χρήση.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί ομοιομορφία στις καλλιεργητικές συνθήκες, τα φυτά δέχονταν ίση ποσότητα άρδευσης. Συγκεκριμένα, οι γλάστρες που περιείχαν τα φυτά μάρτυρες αρδεύονταν με 250 ml νερού βρύσης, ενώ οι γλάστρες που περιείχαν τα φυτά EM αρδεύονταν με 250 ml διαλύματος EM.

- Μεταφύτευση Φυτών

Στις 6-Απρ-2017 πραγματοποιήθηκε η πρώτη μεταφύτευση των φυτών όταν αυτά βρισκόταν στο στάδιο των 2 πραγματικών φύλλων. Σε κάθε γλάστρα τοποθετήθηκαν 2 ή 3 φυτά. Ακολούθησε μεταφορά των φυτών στο θερμοκήπιο και εκ νέου μεταφύτευση στις 5-Μαΐου-2017, ώστε κάθε γλάστρα να περιέχει ένα φυτό.

- Υποστύλωση Φυτών

Έπειτα από τη μεταφορά των φυτών στο θερμοκήπιο, ακολούθησε η υποστύλωση των φυτών, προκειμένου να βελτιωθούν οι συνθήκες ανάπτυξης του φυτού και των καρπών (καλύτερος αερισμός και φωτισμός) αλλά και να αποφευχθεί η επικράτηση ιδανικών συνθηκών για την ανάπτυξη ασθενειών. Επίσης, η υποστύλωση διευκολύνει το κλάδεμα και την εκτέλεση καλλιεργητικών εργασιών.

Η υποστύλωση των φυτών έγινε με χρήση σπάγκου μεταβλητού μεγέθους, με τη βοήθεια του οποίου ο κορμός των φυτών αναρτήθηκε στην οροφή του θερμοκηπίου. Ο σπάγκος τυλίχθηκε ελικοειδώς γύρω από το βλαστό, το ένα ελεύθερο άκρο δέθηκε στο οριζόντιο στήριγμα στην οροφή του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής του μήκους του, και το άλλο στο πασσαλάκι που βρίσκεται δίπλα στο φυτό.

- Λίπανση

Η λίπανση αφορούσε σε εφαρμογή σύνθετου κρυσταλλικού λιπάσματος γενικής χρήσης που περιέχει σε ισορροπημένη αναλογία 20 μονάδων τα βασικά στοιχεία άζωτο-φώσφορος-κάλιο (20-20-20) και ιχνοστοιχεία που συμβάλουν στη θρέψη των φυτών. Έγιναν 3 εφαρμογές λιπάσματος στις ακόλουθες ημερομηνίες: 5-Ιουν-2017, 1-Ιουλ-2017 και 6-Ιουλ-2017.

- Συγκομιδή καρπών

Η συγκομιδή των καρπών έγινε με το χέρι, σε δύο δόσεις, σύμφωνα με το ρυθμό ωρίμανσης των καρπών. Η πρώτη συγκομιδή έγινε στις 4-Ιουλ-2017 και ακολούθησε δεύτερη συγκομιδή στις 20-Ιουλ-2017. Σε κάθε συγκομιδή, οι συγκομιζόμενοι καρποί βρίσκονταν στο ίδιο στάδιο ωρίμανσης.

### **3.4 Μετρήσεις γνωρισμάτων**

Στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα με τους ενεργούς μικροοργανισμούς (EM) καθώς και τα φυτά του μάρτυρα (C) λήφθηκαν μετρήσεις που σχετίζονταν με την ανάπτυξη, την ευρωστία και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών και των καρπών. Παρακάτω περιγράφονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

- Βλαστικότητα σπόρων

Μια εβδομάδα μετά τη σπορά (24-Μαρ-2017), ξεκίνησε η συγκριτική αξιολόγηση της βλαστικότητας στα φυτά C και EM. Για το σκοπό αυτό, καταγράφονταν, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ο αριθμός των φυτών που εκφύονταν σε κάθε ποικιλία. Μετρήσεις βλαστικότητας διενεργήθηκαν στις εξής ημερομηνίες: 24-Μαρ-2017, 25-Μαρ-2017, 27-Μαρ-2017 και 3-Απρ-2017.

- Ύψος φυτών

Η καταγραφή του ύψους των φυτών ξεκίνησε στις 24-Μαρ-2017 και ακολούθησε εκ νέου αξιολόγηση στις 27-Μαρ-2017 και 3-Απρ-2017. Έπειτα από τη

μεταφύτευση και εγκατάσταση των φυτών στο θερμοκήπιο ακολούθησαν άλλες τρεις καταγραφές του ύψους στις 26-Μαΐ-2017, 1-Ιουν-2017 και 10-Ιουν-2017.

▪ Χλωροφύλλη

Για την εκτίμηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη, χρησιμοποιήθηκε το χλωροφυλλόμετρο Chlorophyll Meter SPAD-502 (KONICA MINOLTA Europe). Η επιλογή των φυτών που γινόταν η μέτρηση ήταν τυχαία, ενώ τα φύλλα προέρχονταν από το μέσο-ανώτερο τμήμα του φυτού. Αξιολογήθηκαν 5 φυτά ανά ποικιλία και η μέτρηση αφορούσε σε 4 φύλλα ανά φυτό.

▪ Βάρος καρπών

Αμέσως μετά τη συγκομιδή μετρήθηκε το βάρος των καρπών σε ζυγό ακριβείας. Η μέτρηση έγινε ανά συγκομιζόμενο καρπό αλλά και ανά φυτό (σύνολο καρπών ανά φυτό).

▪ Χρώμα φλοιού των καρπών

Το χρώμα του φλοιού των καρπών προσδιορίστηκε με τη βοήθεια φορητού τριχρωματικού χρωματόμετρου Minolta (μοντέλο CR-400, Konica Minolta Optics Inc, Japan) μετά από σταντάρισμα με άσπρη πλάκα (Εικόνα 3.2). Για κάθε καρπό τομάτας λήφθηκαν τρεις μετρήσεις γύρω από τον ισημερινό κάθε καρπού και καταγράφηκε ο μέσος όρος αυτών.

Οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν οι χρωματογραφικές τιμές των  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , εκ των οποίων οι  $a^*$  και  $b^*$  αξιοποιούνται για τον υπολογισμό των χρωματικών παραμέτρων  $C^*$  και  $h_0$  (McGuire, 1992). Η χρωματογραφική τιμή  $L^*$ , εκτιμάται σε κλίμακα 0-100 (0=μαύρο και 100=λευκό), προσδιορίζει τη φωτεινότητα του χρώματος του καρπού. Οι χρωματογραφικές τιμές  $a^*$  και  $b^*$  είναι συνισταμένες, υπεύθυνες για την τοποθέτηση του χρώματος σε νοητό οριζόντιο άξονα, κάθετο στο  $L^*$ . Το άχρωμο ορίζεται από τις συντεταγμένες (0,0) για το  $a^*$  και το  $b^*$ , αντίστοιχα. Αν το  $a^*$  είναι θετικό και όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο κόκκινος είναι ο καρπός, αν είναι αρνητικό και όσο πιο μικρό είναι, τόσο πιο μπλε χρώματος είναι ο καρπός, ενώ κοντά στο μηδέν το χρώμα γίνεται από πράσινο (λίγο κάτω



από το μηδέν) σε λευκό (μηδέν) σε κίτρινο (λίγο πάνω από το μηδέν). Το  $a^*$  προσδιορίζει τη διαβάθμιση του χρώματος από πράσινο ( $-a^*$ ) σε κόκκινο ( $+a^*$ ), ενώ το  $b^*$  προσδιορίζει τη διαβάθμιση από μπλε ( $-b^*$ ) σε κίτρινο ( $+b^*$ ). Η πραγματική τιμή του χρώματος  $C^*$  (Chroma) δίνεται συναρτήσει των  $a^*$  και  $b^*$  από τον τύπο  $C^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ . Έτσι, όσο μεγαλύτερη η τιμή του  $C^*$ , τόσο πιο καθαρό είναι το χρώμα του καρπού που τίθεται σε μέτρηση (McGuire, 1992). Το  $h$  είναι η απόχρωση που δίνεται από το κλάσμα  $b^*/a^*$ . Το  $h=0$  εκφράζει το κόκκινο,  $h=90$  εκφράζει το κίτρινο,  $h=180$  το πράσινο και  $h=270$  το μπλε. Σε συνδυασμό τα  $C^*$  και  $h$  δίνουν το ακριβές πραγματικό χρώμα, ιδιαίτερα για έγχρωμους καρπούς (McGuire, 1992).



**Εικόνα 3.2** Χρωματόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της έντασης του χρώματος καρπών τομάτας.

- Συνεκτικότητα σάρκας

Για την εκτίμηση της συνεκτικότητας της σάρκας τομάτας χρησιμοποιήθηκε πενετρόμετρο (Εικόνα 3.3). Έπειτα από την επιλογή του κατάλληλου εμβόλου, οι καρποί τοποθετούνταν στην επιφάνεια μέτρησης και καταγράφονταν η τιμή του οργάνου.



**Εικόνα 3.3** Πενετρόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της συνεκτικότητας της σάρκας καρπών τομάτας.

▪ Διαλυτά στερεά συστατικά

Η μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών πραγματοποιήθηκε με φορητό ψηφιακό διαθλασίμετρο. Για τον προσδιορισμό των διαλυτών στερεών συστατικών κάθε καρπού, αρχικά έγινε τεμαχισμός του κάθε καρπού. Ακολούθησε λήψη αντιπροσωπευτικών τμημάτων τα οποία στύφτηκαν ώστε να παραλειφθούν 2-3 σταγόνες οι οποίες τοποθετούνταν στο διαθλασίμετρο και καταγράφονταν η τιμή του οργάνου. Μεταξύ των μετρήσεων, γινόταν καθαρισμός του διαθλασίμετρου, όπως απαιτείται, με απιονισμένο νερό και καθαρό χαρτί.

▪ Ηλεκτρική αγωγιμότητα και pH

Οι καρποί διαχωρίστηκαν ανά ποικιλία, πολτοποιήθηκαν με τη βοήθεια πολυκόφτη και ακολούθησε ο προσδιορισμός του pH του πολτού και η εκτίμηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση ηλεκτρικού πεχάμετρου.

### 3.5 Στατιστική ανάλυση

Η μικρή έκταση και η ομοιογένεια των συνθηκών εντός του θερμοκηπίου επέτρεψε την ανάλυση του παραγοντικού (2 X 4) αυτού πειράματος με βάση το εντελώς

τυχαιοποιημένο σχέδιο (ΕΤΣ). Από την παραγοντική ανάλυση παραλλακτικότητας εκτιμήθηκε η κύρια επίδραση του παράγοντα ΕΜ ( ανεξαρτήτως ποικιλίας), η κύρια επίδραση του παράγοντα Ποικιλία (μικρότερου ενδιαφέροντος) καθώς και η τυχόν αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών. Με μονοπαραγοντική ανάλυση, εκτιμήθηκε η συμπεριφορά των ποικιλιών χωριστά σε κάθε επίπεδο του παράγοντα ΕΜ. Τέλος, εκτιμήθηκε η επίδραση των ΕΜ ατομικά σε κάθε μια από τις συγκεκριμένες ποικιλίες που συμμετείχαν στο πείραμα. Λόγω του μικρού αριθμού των επεμβάσεων, οι διάφορες συγκρίσεις έγιναν με βάση την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD).

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

---

### 4.1 Επίδραση των EM στη βλάστηση, ανάπτυξη και παραγωγικότητα φυτών τομάτας

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, εντοπίστηκαν διαφορές τόσο στο ρυθμό βλάστησης όσο και στο ρυθμό ανάπτυξης και ευρωστία των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε σε όλες τις ποικιλίες γρηγορότερη έκπτυξη των σπορόφυτων στα φυτά που είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα EM συγκριτικά με τα φυτά μάρτυρες. Στην Εικόνα 4.1 απεικονίζονται σπορόφυτα της ποικιλίας Krakus αμέσως μετά την έκπτυξή τους, ενώ στην Εικόνα 4.2 παρουσιάζεται συγκριτικά η ανάπτυξη των φυτών C και EM της ποικιλίας Saint-Pierre.

Σύμφωνα με τα ευρήματα, τα φυτά της ποικιλίας Saint-Pierre, ιδιαίτερα η κατηγορία αυτών που δέχθηκε την εφαρμογή των EM, εμφάνισε σαφή υπεροχή αναφορικά με το ρυθμό ανάπτυξης (Εικόνα 4.2) καθώς και υπεροχή σε επιμέρους γνωρίσματα όπως το ύψος. Αντίθετα, η ποικιλία Beta είχε την πιο περιορισμένη και καθυστερημένη ανάπτυξη (Εικόνες 4.3 και 4.4).



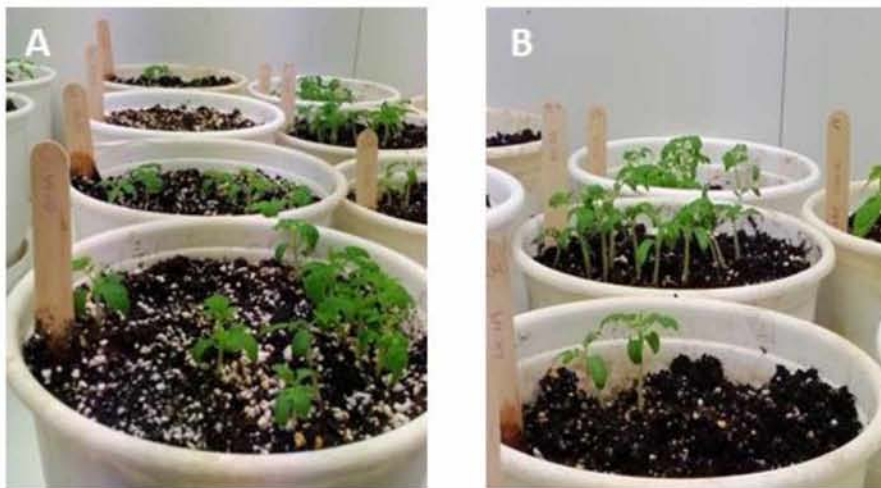
**Εικόνα 4.1** Έκπτυξη σποροφύτων ποικιλίας Krakus, έπειτα από την εφαρμογή των EM.

Είναι αξιοσημείωτο ότι, παρά την αυξημένη ανάπτυξη και ευρωστία, τα φυτά της ποικιλίας Saint-Pierre χαρακτηρίστηκαν από μικρότερη ανθοφορία και παραγωγή.

Αντίθετα, η ποικιλία Beta, η οποία παρουσίασε εμφανώς περιορισμένη και καθυστερημένη ανάπτυξη, εμφάνισε τη μεγαλύτερη διάρκεια ανθοφορίας και παραγωγικότητα (Εικόνα 4.5).



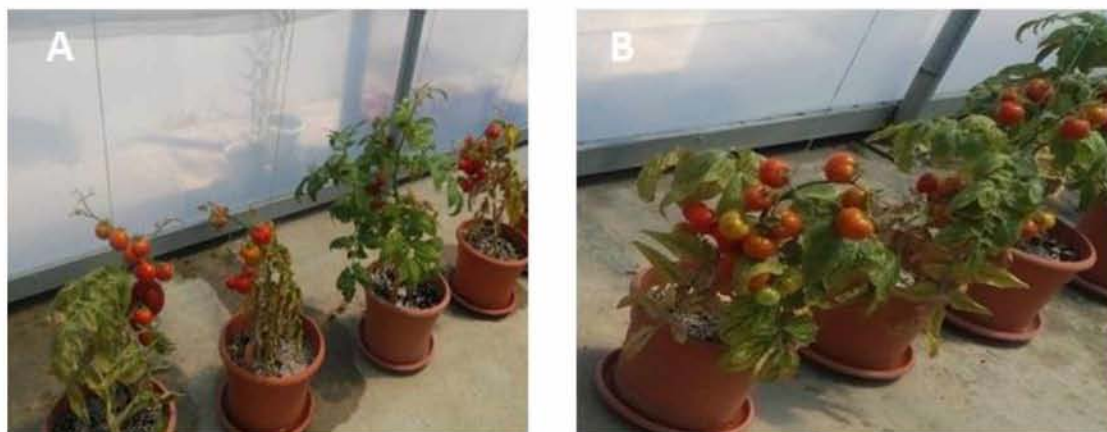
**Εικόνα 4.2** Συγκριτική απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών της ποικιλίας Saint-Pierre. Α. Φυτά μάρτυρες (C) και Β. Φυτά όπου έχει εφαρμοστεί το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών (EM). (Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας: 03/04/2017).



**Εικόνα 4.3** Συγκριτική απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών της ποικιλίας Beta. Α. Φυτά μάρτυρες (C) και Β. Φυτά όπου έχει εφαρμοστεί το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών (EM). (Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας: 03/04/2017).



**Εικόνα 4.4** Συγκριτική απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών της ποικιλίας Beta και Saint-Pierre, όπου έχει εφαρμοστεί το σκεύασμα ενεργών μικροοργανισμών (EM). (Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας: 03/04/2017).



**Εικόνα 4.5** Φυτά της ποικιλίας Beta, που δέχθηκαν την εφαρμογή με EM. Α. Φυτά στο παραγωγικό στάδιο. Β. Φυτά με εμφανώς αυξημένη παραγωγή. (Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας: 06/07/2017).

Από την ανάλυση του παραγοντικού πειράματος, όλες σχεδόν οι αλληλεπιδράσεις EM και Ποικιλίας ήταν μη σημαντικές. Αυτό σημαίνει ότι τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν μπορούν να γενικευθούν για όλες τις ποικιλίες. Σημαντική αλληλεπίδραση παρουσιάστηκε μόνο για τα γνώρισμα L, C και FF. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να εξαχθούν γενικά συμπεράσματα για όλες τις ποικιλίες.

#### 4.1.1 Ύψος τομάτας

Αναφορικά με το ύψος των φυτών, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν τη θετική επίδραση του EM στο γνώρισμα αυτό. Ειδικότερα, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο ύψος των φυτών, με τα φυτά της μεταχείρισης EM να εμφανίζουν μεγαλύτερο ύψος, από τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ύψος των φυτών με ενεργούς μικροοργανισμούς διπλασιάστηκε σε χρονικό διάστημα 3 ημερών. Το μικρότερο ύψος σημειώθηκε στα φυτά της ποικιλίας Beta, ενώ τις μεγαλύτερες τιμές εμφάνισε η ποικιλία Saint-Pierre (Πίνακας 4.1) (Διάγραμμα 4.1).

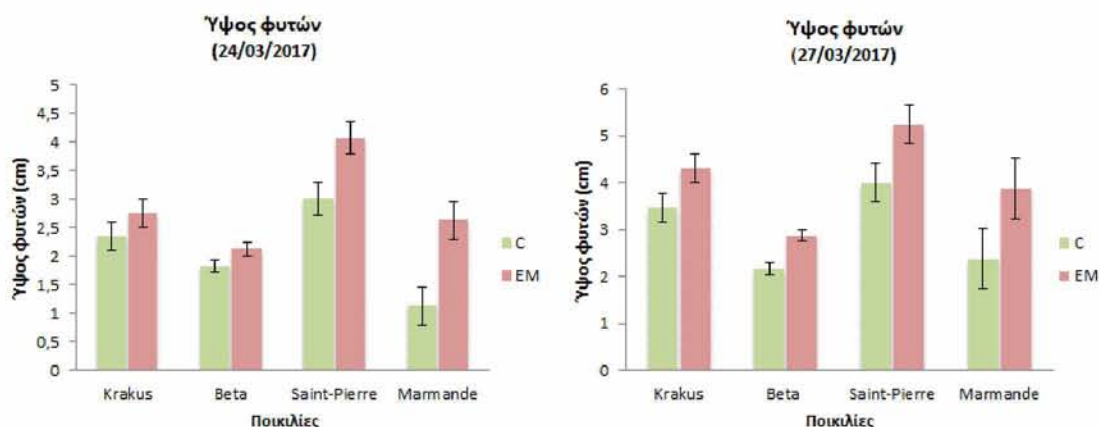
**Πίνακας 4.1** Ύψος φυτών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	Ύψος φυτών (cm)		
		C	EM	MEAN (V)
24-Μαρ-18				MEAN (V)
	KRAKUS	2,35 a	2,75 b	2,55 b
	BETA	1,82 ab	2,12 b	1,97 b
	SAINT-PIERRE	3,00 a	4,06 a	3,53 a
	MARMANDE	1,12 b	2,62 b	1,87 b
	MEAN (TR)	2,07 b	2,89 a	
27-Μαρ-18				MEAN (V)
	KRAKUS	3,47 ab	4,30 ab	3,88 ab
	BETA	2,15 b	2,87 c	2,51 c
	SAINT-PIERRE	4,00 a	5,25 a	4,62 a
	MARMANDE	2,37 ab	3,87 bc	3,12 bc
	MEAN (TR)	3,00 b	4,07 a	

Η σύγκριση των ποικιλιών στον κορμό του παραπάνω πίνακα, όπως και όλων των όμοιων που ακολουθούν, γίνεται κατακόρυφα και αναφέρεται στις σχετικές διαφορές

τους σε κάθε επέμβαση χωριστά. Η επίδραση των EM ατομικά σε κάθε μια ποικιλία, ως διαφορά της συμπεριφοράς της ποικιλίας χωρίς EM από την ίδια με EM, δίδεται συνολικά για όλα τα γνώρισμα στον Πίνακα 4.9.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπως και σε όλα τα όμοια που ακολουθούν, παρουσιάζεται η απόλυτη συμπεριφορά των ποικιλιών για κάθε γνώρισμα χωρίς και με EM.



**Διάγραμμα 4.1** Ύψος φυτών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

#### 4.1.2 Περιεχόμενο χλωροφύλλης σε φύλλα τομάτας - SPAD

Προκειμένου να προσδιοριστεί το περιεχόμενο χλωροφύλλης στα φυτά των δύο μεταχειρίσεων, λήφθηκαν μετρήσεις με τη χρήση του χλωροφυλλόμετρου SPAD ανά τακτά χρονικά διαστήματα (4x) (Εικόνα 4.6). Τα αποτελέσματα κατέδειξαν την αυξημένη συσσώρευση στα φυτά μάρτυρες συγκριτικά με τα φυτά που δέχθηκαν την εφαρμογή με EM, υποδεικνύοντας την ικανότητα των πρώτων να συνθέτουν μεγαλύτερες ποσότητες χλωροφύλλης (Πίνακας 4.2) (Διάγραμμα 4.2).

Με εξαίρεση την πρώτη μέτρηση, κατά την οποία δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φυτών μαρτύρων και αυτών που αναπτύχθηκαν παρουσία των EM, φαίνεται ότι η εφαρμογή με EM επιδρά αρνητικά στην περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη.

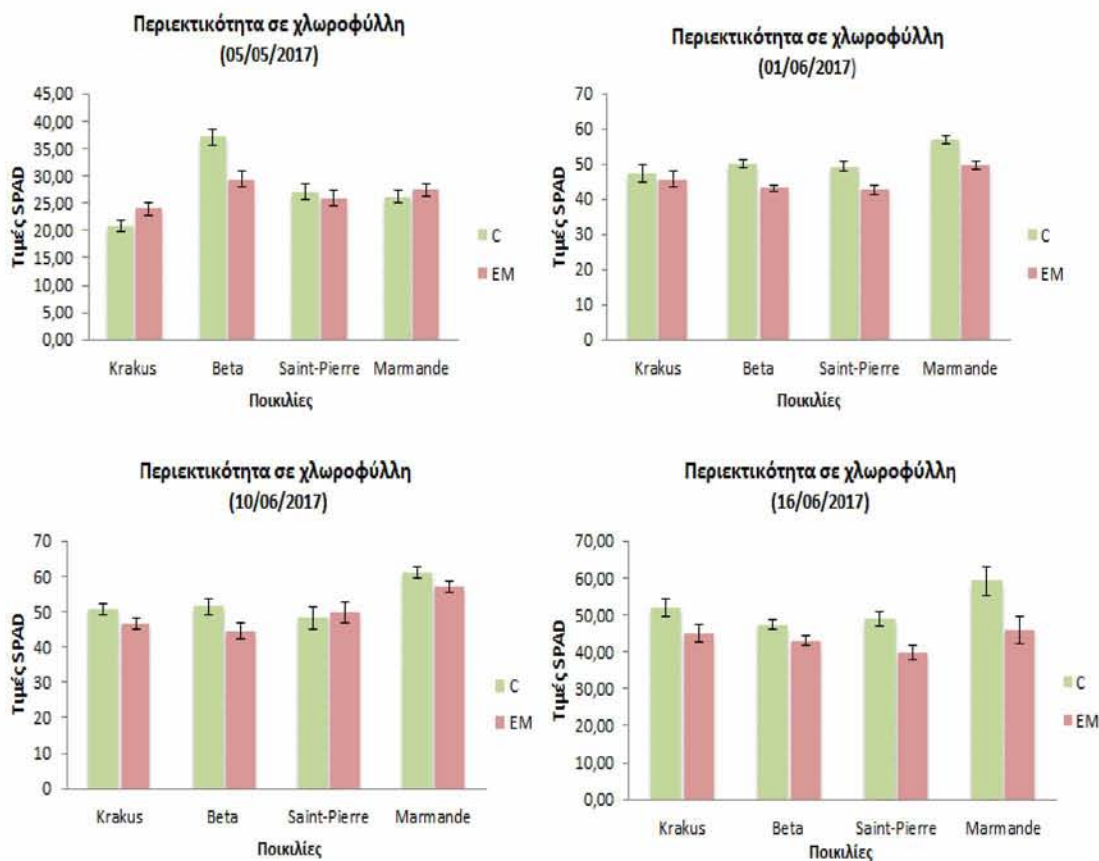


**Πίνακας 4.2** Περιεκτικότητα χλωροφύλλης φύλλων τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR). Η μέτρηση έγινε με τη χρήση του χλωροφυλλόμετρου SPAD, σε τέσσερις χρονικές περιόδους.

Ημερομηνία	Ποικιλία	Περιεκτικότητα χλωροφύλλης (SPAD)		
		C	EM	MEAN (V)
5-Μαΐ-18				
	KRAKUS	20,82 c	23,92 b	22,37 c
	BETA	37,07 a	29,42 a	33,25 a
	SAINT-PIERRE	27,10 b	25,92 ab	26,51 b
	MARMANDE	26,22 b	27,40 ab	26,81 b
	MEAN (TR)	27,80 a	26,66 a	
1-Ιουν-18				
	KRAKUS	47,40 b	45,67 ab	46,53 a
	BETA	50,15 b	43,20 b	46,67 b
	SAINT-PIERRE	49,42 b	42,67 b	46,05 b
	MARMANDE	56,97 a	49,62 a	53,30 b
	MEAN (TR)	50,98 a	45,29 b	
10-Ιουν-18				
	KRAKUS	50,65 b	46,52 b	48,58 b
	BETA	51,50 b	44,50 b	48,00 b
	SAINT-PIERRE	48,22 b	49,80 b	49,01 b
	MARMANDE	60,92 a	57,00 a	58,96 a
	MEAN (TR)	52,82 a	49,56 b	
16-Ιουν-18				
	KRAKUS	52,02 ab	45,07 a	48,55 ab
	BETA	47,40 b	43,07 a	45,23 b
	SAINT-PIERRE	48,92 b	39,85 a	44,38 b
	MARMANDE	59,12 a	45,80 a	52,46 a
	MEAN (TR)	51,86 a	43,45 b	



**Εικόνα 4.6** Διαδικασία μέτρησης χλωροφύλλης, με τη χρήση του χλωροφυλλόμετρου SPAD, σε φύλλα που προέρχονται από το μεσαίο τμήμα του στελέχους. (Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας: 10/06/2017).



**Διάγραμμα 4.2** Περιεκτικότητα χλωροφύλλης φύλλων τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

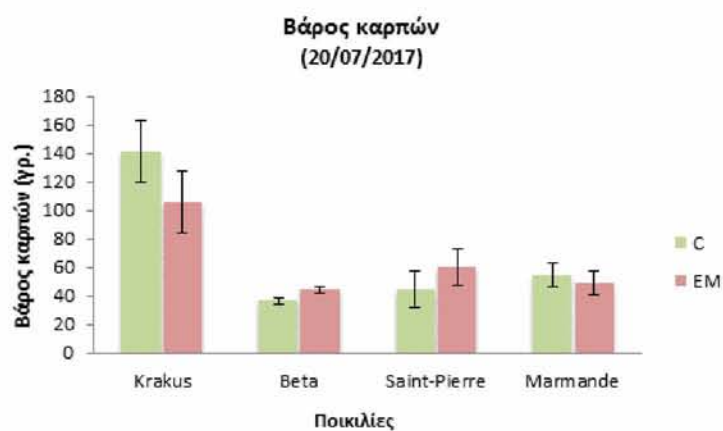
#### 4.1.3 Βάρος καρπών τομάτας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, το γνώρισμα του βάρους καρπών δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις υπό μελέτη μεταχειρίσεις (C και EM) (Πίνακας 4.3) (Διάγραμμα 4.3).

Ωστόσο, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο ποικιλίας, με τις ποικιλίες Krakus και Beta να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο και μικρότερο βάρος καρπών, αντίστοιχα.

**Πίνακας 4.3** Βάρος καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	Βάρος καρπών (g)		MEAN (V)
		C	EM	
20-Ιουλ-17				
	KRAKUS	141,03 a	106,23 a	123,63 a
	BETA	36,65 b	44,40 b	40,52 b
	SAINT-PIERRE	44,85 b	60,20 b	52,52 b
	MARMANDE	55,08 b	49,29 b	52,18 b
	MEAN (TR)	69,40 a	65,03 a	



**Διάγραμμα 4.3** Βάρος καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

#### 4.1.4 Παραμόρφωση καρπών

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, παρουσιάστηκαν παραμορφώσεις των καρπών στα φυτά μάρτυρες. Ιδιαίτερα έντονο υπήρξε το φαινόμενο αυτό στις ποικιλίες Saint-Pierre και Beta (Εικόνα 4.7).

Αντιθέτως, τα φυτά όπου εφαρμόστηκαν ενεργοί μικροοργανισμοί δεν αναπτύχθηκαν αντίστοιχα παραμορφωμένοι καρποί.



**Εικόνα 4.7** Παραμορφωμένοι καρποί τομάτας σε φυτά-μάρτυρες. Α. Παραμορφωμένος καρπός της ποικιλίας Saint-Pierre. Β. Παραμορφωμένος καρπός της ποικιλίας Beta. (Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας: 20/07/2017).

#### **4.1.5 Συγκράτηση υγρασίας**

Είναι αξιοσημείωτο ότι καθόλη τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε περισσότερη συγκράτηση υγρασίας στα φυτοδοχεία όπου είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα EM. Παράλληλα, η εφαρμογή με EM συνοδεύτηκε από όψη υγείων και εύρωστων φυτών. Οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις αφορούσαν στο σύνολο των φυτών και ποικιλιών της μεταχείρισης EM.

#### **4.2 Οργανοληπτικά – Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών**

Προκειμένου να εκτιμηθεί συγκριτικά η επίδραση των EM στα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και του εξαγόμενου χυμού, διενεργήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν στο χρώμα των καρπών, στη συνεκτικότητα της σάρκας, στην περιεκτικότητα του χυμού σε στερεά διαλυτά καθώς και στο pH και στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του χυμού.

#### 4.2.1 Χρώμα καρπών τομάτας

Αναφορικά με το χρώμα των καρπών, η χρωματογραφική τιμή L\*, σε κλίμακα 0-100 (0=μαύρο και 100=λευκό), προσδιορίζει τη φωτεινότητα του χρώματος του καρπού, ενώ τα C\* και h, σε συνδυασμό, δίνουν το ακριβές πραγματικό χρώμα, ιδιαίτερα για έγχρωμους καρπούς (McGuire, 1992).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, για το χρώμα των καρπών της τομάτας, προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 επεμβάσεων για τη συνιστώσα h, ενώ οι συνιστώσες L\* και C\* δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά σε επίπεδο επέμβασης (Πίνακας 4.4) (Διάγραμμα 4.4).

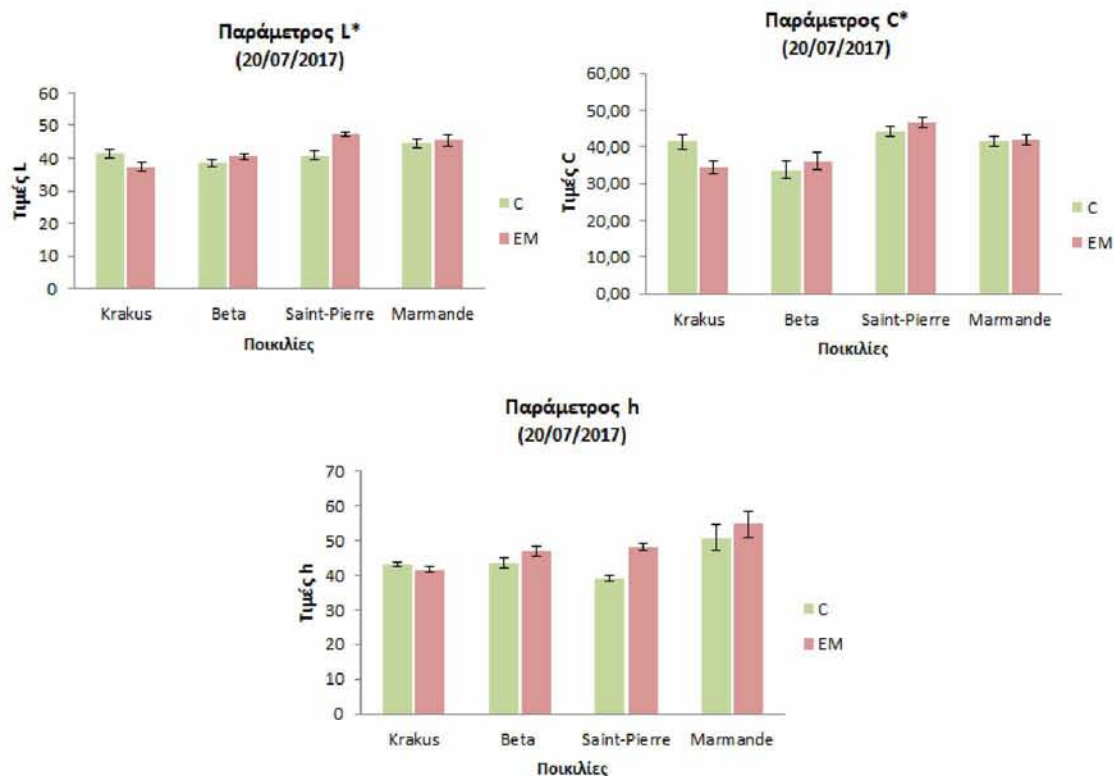
**Πίνακας 4.4** Προσδιορισμός του χρώματος καρπών τομάτας, βάσει των συνιστωσών L\*, C\* και h, ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	L*		
		C	EM	
20-Ιουλ-17				MEAN(V)
	KRAKUS	41,44 a	37,34 a	39,39 b
	BETA	38,40 a	40,48 a	39,44 b
	SAINT-PIERRE	40,83 b	47,34 a	44,09 a
	MARMANDE	44,49 a	45,39 a	44,94 a
	MEAN (TR)	41,29 a	42,64 a	41,96

Ημερομηνία	Ποικιλία	C*		
		C	EM	
20-Ιουλ-17				MEAN(V)
	KRAKUS	41,37 a	34,33 a	37,85 c
	BETA	33,71 a	36,13 a	34,92 c
	SAINT-PIERRE	44,22 a	46,58 a	45,40 a
	MARMANDE	41,39 a	41,95 a	41,67 b
	MEAN (TR)	40,17 a	39,75 a	

Ημερομηνία	Ποικιλία	h		
		C	EM	
20-Ιουλ-17				MEAN(V)
	KRAKUS	43,18 a	41,53 a	42,35 b
	BETA	43,56 a	47,06 a	45,31 b
	SAINT-PIERRE	39,02 b	48,09 a	43,55 b
	MARMANDE	50,74 a	54,69 a	52,71 a
	MEAN (TR)	44,12 b	47,84 a	

Ωστόσο, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο ποικιλίας για όλες τις συνιστώσες του χρώματος ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h$ ). Παράλληλα, από την ανάλυση του παραγοντικού πειράματος, προκύπτει ότι οι συνιστώσες  $L$  και  $C$  παρουσιάζουν σημαντική αλληλεπίδραση EM και Ποικιλίας (Παράρτημα), υποδεικνύοντας ότι η επίδραση των EM ως προς τα γνωρίσματα αυτά παρουσιάζει γονοτυπική εξάρτηση.



**Διάγραμμα 4.4** Προσδιορισμός του χρώματος καρπών τομάτας, βάσει των συνιστωσών  $L^*$ ,  $C^*$  και  $h$ , ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).



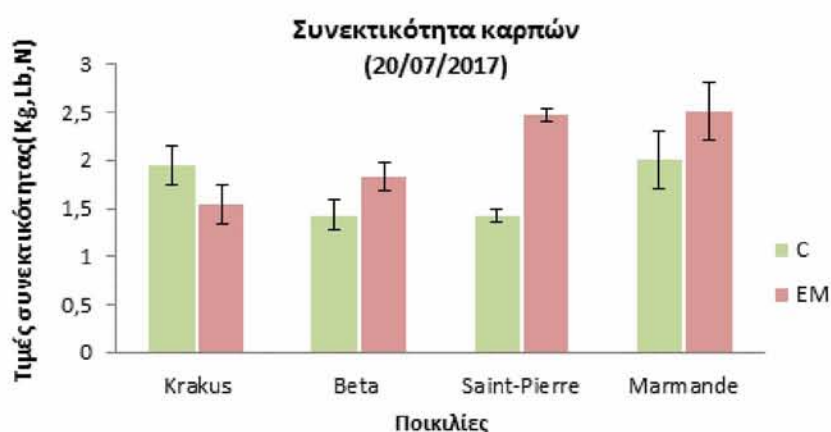
**Εικόνα 4.8** Προετοιμασία για την εκτίμηση της έντασης χρώματος και τη συνεκτικότητα της σάρκας.

#### 4.2.2 Συνεκτικότητα σάρκας καρπών τομάτας

Όσον αφορά την συνεκτικότητα της σάρκας, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 επεμβάσεων, με υπεροχή των φυτών με ενεργούς μικροοργανισμούς έναντι των φυτών-μαρτύρων (Πίνακας 4.5) (Διάγραμμα 4.5). Εξαιρέση αποτέλεσε η ποικιλία Krakus, όπου η συνεκτικότητα της σάρκας ήταν μεγαλύτερη στα φυτά-μάρτυρες. Επίσης, από την ανάλυση του παραγοντικού πειράματος, προκύπτει ότι το γνώρισμα της συνεκτικότητας της σάρκας παρουσίασε σημαντική αλληλεπίδραση EM και Ποικιλίας (Παράρτημα).

**Πίνακας 4.5** Συνεκτικότητα καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	FF		MEAN(V)
		C	EM	
20-Ιουλ-17				
	KRAKUS	1,95 a	1,54 a	1,75 b
	BETA	1,43 a	1,83 a	1,63 b
	SAINT-PIERRE	1,42 b	2,47 a	1,95 ab
	MARMANDE	2,01 a	2,51 a	2,26 a
	MEAN (TR)	1,70 a	2,09 b	1,90



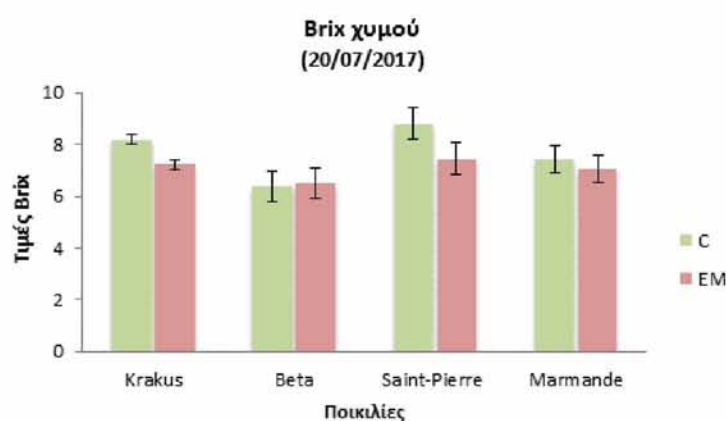
**Διάγραμμα 4.5** Συνεκτικότητα καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

### 4.2.3 Βrix χυμού καρπών τομάτας

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε στερεά διαλυτά, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι τα φυτά μάρτυρες και τα φυτά που αναπτύχθηκαν παρουσία EM δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, παρότι υπήρξε μειωτική τάση των στερεών διαλυτών συστατικών στα φυτά EM. Μάλιστα, τα φυτά που έχουν δεχθεί εφαρμογή με EM παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές Βrix σε όλες τις υπό μελέτη ποικιλίες. Στα φυτά μάρτυρες, η ποικιλία Beta παρουσίασε σημαντικά μειωμένη τιμή Βrix, ενώ η ποικιλία Saint-Pierre αναδείχθηκε ως υπερέχουσα αναφορικά με το γνώρισμα αυτό (Πίνακας 4.6) (Διάγραμμα 4.6).

**Πίνακας 4.6** Βrix χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	Βrix		MEAN (V)
		C	EM	
20-Ιουλ-17				
	KRAKUS	8,17 ab	7,23 a	7,70 a
	BETA	6,40 b	6,50 a	6,45 b
	SAINT-PIERRE	8,80 a	7,45 a	8,13 a
	MARMANDE	7,43 ab	7,07 a	7,25 ab
	MEAN (TR)	7,70 a	7,06 a	



**Διάγραμμα 4.6** Βrix χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

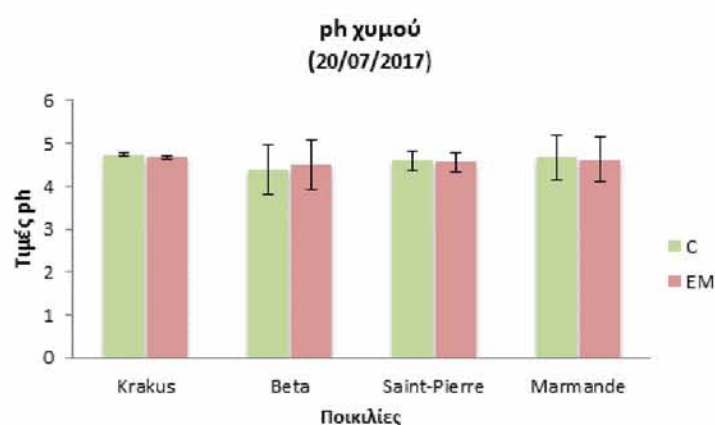


#### 4.2.4 pH χυμού καρπών τομάτας

Όσον αφορά το pH του χυμού των καρπών τομάτας, τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατέδειξαν την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των υπό μελέτη μεταχειρίσεων. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι ποικιλίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές, με τις ποικιλίες Krakus και Beta να εμφανίζουν τη μεγαλύτερη και μικρότερη τιμή pH, αντίστοιχα (Πίνακας 4.7) (Διάγραμμα 4.7).

**Πίνακας 4.7** pH χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	pH χυμού		MEAN (V)
		C	EM	
20-Ιουλ-17				
	KRAKUS	4,73 a	4,67 a	4,70 a
	BETA	4,40 c	4,50 b	4,45 c
	SAINT-PIERRE	4,60 b	4,56 ab	4,58 b
	MARMANDE	4,67 ab	4,63 ab	4,65 ab
	MEAN (TR)	4,60 a	4,59 a	



**Διάγραμμα 4.7** pH χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

#### 4.2.5 Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού καρπών τομάτας

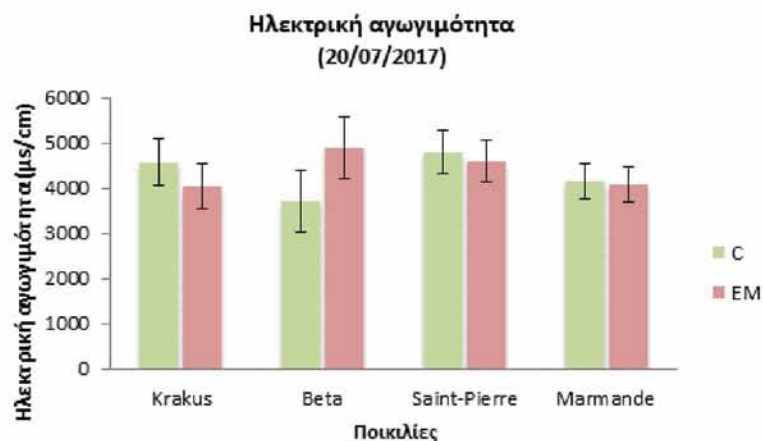
Τα ευρήματα της μελέτης αναφορικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του χυμού καρπών τομάτας, προκύπτει ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ

των υπό μελέτη μεταχειρίσεων (C και EM). Όπως αποτυπώνεται και στον Πίνακα 4.8, όχι μόνο δεν προκύπτουν διαφορές από την εφαρμογή με EM, αλλά το σύνολο των ποικιλιών δεν παρουσιάζει διαφορές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Στο σύνολό τους, τα ευρήματα αυτά παρέχουν ενδείξεις ότι η εφαρμογή με EM δεν επιδρά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του χυμού τομάτας (Διάγραμμα 4.8).

**Πίνακας 4.8** Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Ημερομηνία	Ποικιλία	Ηλεκτρική αγωγιμότητα ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		MEAN (V)
		C	EM	
20-Ιουλ-17				
	KRAKUS	4582,00 a	4053,00 a	4317,50 a
	BETA	3723,00 a	4905,00 a	4314,00 a
	SAINT-PIERRE	4802,00 a	4606,50 a	4704,25 a
	MARMANDE	4169,00 a	4095,67 a	4132,33 a
	MEAN (TR)	4275,09 a	4397,64 a	



**Διάγραμμα 4.8** Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού καρπών τομάτας ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

### 4.3 Συνολική επίδραση των EM στα ποσοτικά και ποιοτικά γνωρίσματα της τομάτας

Στον Πίνακα 4.9, περιγράφεται συγκεντρωτικά η επίδραση των EM στις 4 ποικιλίες τομάτας που εξετάστηκαν. Όπως φαίνεται, η επίδραση των EM στο βάρος, πλην της Krakus, υπήρξε ελαφρώς αυξητική αλλά στατιστικά μη σημαντική. Στο ύψος, επίσης οι EM επέδρασαν σε όλες τις ποικιλίες αυξητικά, με την αύξηση να είναι σημαντική για το σύνολο των ποικιλιών. Είναι ενδιαφέρον ότι η διαφορά (EM-C) διπλασιάστηκε σε διάστημα 3 ημερών.

Αντιθέτως, η εφαρμογή των EM φάνηκε να προκαλεί σε όλες σχεδόν τις ποικιλίες μείωση των τιμών SPAD, με τη μείωση να είναι σε αρκετές περιπτώσεις στατιστικά σημαντική. Παράλληλα, υπήρξε τάση μείωσης των τιμών Brix με την εφαρμογή των EM και σε γενικές γραμμές αυτό ισχύει και για την αγωγιμότητα και το pH. Αναφορικά με τις συνιστώσες του χρώματος ( $L^*$ , C, h) και τη συνεκτικότητα της σάρκας (FF), σημειώθηκε μία τάση αύξησης με την εφαρμογή EM (που σε 4 περιπτώσεις ήταν στατιστικά σημαντική) στις 3 ποικιλίες, ενώ στην ποικιλία Krakus συνέβη το αντίθετο.

**Πίνακας 4.9** Συγκεντρωτική επίδραση των EM ανά ποικιλία (V) και μεταχείριση (TR).

Η επίδραση των EM σε ποσοτικά και ποιοτικά γνωρίσματα τεσσάρων ποικιλιών τομάτας								
Ποικιλία	Krakus		Beta		Saint-Pierre		Marmande	
	Διαφορά*	P value**	Διαφορά	P value	Διαφορά	P value	Διαφορά	P value
Γνώρισμα								
<b>Βάρος</b>	<b>-34,8</b>	0,3	7,75	0,07	13,9	0,55	5,79	0,65
<b>Υψος</b>								
24/3/2018	0,4	0,29	0,3	0,12	1,07	0,1	0,375	0,55
27/3/2018	0,82	0,1	0,71	<b>0,01</b>	1,25	0,15	1,5	0,15
<b>SPAD</b>								
5/5/2018	3,1	0,11	-7,65	<b>0,01</b>	-1,175	0,6	1,175	0,52
1/6/2018	-1,725	0,62	-6,95	<b>0</b>	-6,75	<b>0,02</b>	-7,35	<b>0,01</b>
10/6/2018	-1,725	0,13	-7	0,06	1,57	0,73	-3,72	0,11
16/6/2018	-6,95	0,1	-4,375	<b>0,05</b>	-9,08	<b>0,02</b>	-13,32	<b>0,04</b>
<b>L</b>	-4,09	0,07	2,09	0,21	6,51	<b>0</b>	0,89	0,73
<b>C</b>	-7,04	<b>0,04</b>	2,42	0,49	2,35	0,28	0,56	0,78
<b>h</b>	1,65	0,17	3,49	0,15	9,07	<b>0</b>	3,95	0,48
<b>FF</b>	0,41	0,21	<b>0,4</b>	0,11	1,05	<b>0</b>	0,5	0,28
<b>Brix</b>	-0,93	<b>0,02</b>	0,1	0,9	-1,35	0,25	-0,37	0,65
<b>pH</b>	-0,07	0,23	0,1	0,29	-0,03	0,37	-0,03	0,68
<b>Αγωγιμότητα</b>	-529	0,51	1182	0,29	-195,5	0,79	-73,3	0,9

\* Η διαφορά μεταξύ της τιμής του γνωρίσματος στις μεταχειρίσεις (EM - Control)\*\* Η πιθανότητα εύρεσης μιας τέτοιας διαφοράς, ενώ στην πραγματικότητα η διαφορά είναι μηδενική

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

---

Οι μικροοργανισμοί του εδάφους διακρίνονται στους ωφέλιμους και βλαβερούς, ανάλογα με τη λειτουργία τους αλλά και την επίδρασή τους στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εδάφους αλλά και στην ανάπτυξη, παραγωγικότητα και υγεία των φυτών. Ως ωφέλιμοι μικροοργανισμοί ορίζονται αυτοί που έχουν την ικανότητα να σταθεροποιούν το ατμοσφαιρικό άζωτο, να αποσυνθέτουν οργανικά απόβλητα και υπολείμματα, να αποτοξικοποιούν εντομοκτόνα, να καταστέλλουν φυτοπαθογόνους μικροοργανισμούς και σταθεροποίησης του ατμοσφαιρικού αζώτου, αποσύνθεσης οργανικών αποβλήτων και υπολειμμάτων, αποτοξικοποίησης εντομοκτόνων, καταστολής ασθενειών και παθογόνων εδάφους, ενίσχυσης του κύκλου θρεπτικών ουσιών και παραγωγής βιοδραστικών συστατικών, όπως βιταμίνες, αυξητικές ουσίες και ένζυμα που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών (Olle & Williams, 2013).

Η αρχική αξιοποίηση των EM αφορούσε σε χρήσεις στη γεωργία (Sangakkara, 2012a) και ειδικότερα η εφαρμογή τους αποσκοπούσε στη βελτίωση της παραγωγικότητας των οργανικών κυρίως συστημάτων καλλιέργειας. Τα οφέλη από την εφαρμογή των EM σχετίζονται με πληθώρα παραγόντων που περιλαμβάνουν την αυξημένη ελευθέρωση θρεπτικών από την οργανική ουσία, κατά την επεξεργασία με EM, καθώς και την ενίσχυση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και πρωτεϊνοσύνθεσης. Παράλληλα, μελέτες αναφέρουν την βελτίωση των εδαφικών ιδιοτήτων, την βελτιωμένη διείσδυση των ριζών στο έδαφος, την αναβάθμιση της ανθεκτικότητας στην ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας, αλλά και την αύξηση του ρυθμού ανοργανοποίησης του άνθρακα (Sangakkara, 2012a). Τέλος, τα ευρήματα σχετικών μελετών υποδεικνύουν το ρόλο των EM στην προώθηση της ανάπτυξης, μέσω της καταστολής παθογόνων και εχθρών (Sangakkara, 2012a).

Στο πλαίσιο των ανωτέρω, στόχο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση της επίδρασης των ενεργών μικροοργανισμών σε εμπορικές ποικιλίες τομάτας. Για το σκοπό αυτό, η επίδραση των EM βασίστηκε στην αξιολόγηση παραμέτρων που σχετίζονται με την ανάπτυξη, φυσιολογία και απόδοση των φυτών καθώς και στα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών και του εξαγόμενου χυμού τομάτας. Ειδικότερα, αξιολογήθηκε το ύψος των φυτών, η περιεκτικότητα των

φύλλων σε χλωροφύλλη, το βάρος καρπών, το χρώμα των καρπών, η συνεκτικότητα της σάρκας, η περιεκτικότητα σε στερεά διαλυτά, το pH καθώς και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του χυμού. Σε όλες τις περιπτώσεις, τα φυτά όπου έγινε εφαρμογή με EM αξιολογήθηκαν συγκριτικά με φυτά-μάρτυρες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, η εφαρμογή με EM επέδρασε θετικά στο ρυθμό βλάστησης και στην ανάπτυξη των νεαρών σποροφύτων κατά τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια των φυτών. Ειδικότερα στην πρώιμη αναπτυξιακή φάση, σημαντική ήταν η επίδραση των EM στο ύψος των φυτών, με την ποικιλία Saint-Pierre να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ύψος. Επιπρόσθετα, σημειώθηκε μία υπεροχή της μεταχείρισης EM αναφορικά με τη διάρκεια ανθοφορίας και παραγωγικότητα των φυτών. Μεταξύ των 4 υπό μελέτη ποικιλιών, η ποικιλία Beta, παρά τη μειωμένη ανάπτυξή της, εμφάνισε τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα. Τα ευρήματα αυτά συνάδουν απόλυτα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Beta, υποδεικνύοντας ότι η εφαρμογή με EM πιθανώς δεν οδήγησε σε προώθηση της ανάπτυξης. Αντιθέτως, η ποικιλία Saint-Pierre η οποία διακρίθηκε για την ανάπτυξή της, αποδείχθηκε λιγότερο παραγωγική, γεγονός που πιθανότητα συνδέεται με την σπατάλη ενεργειακών αποθεμάτων κατά την αύξηση και ανάπτυξη η οποία απέβει εις βάρος της παραγωγικότητας.

Όσον αφορά το βάρος των καρπών, τα ευρήματα της μελέτης υποδεικνύουν την απουσία στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των φυτών-μαρτύρων και αυτών όπου εφαρμόστηκε EM. Σχετικές έρευνες σε φυτά τομάτας, αναφέρουν ότι τα φυτά της μεταχείρισης EM εμφάνισαν μεγαλύτερο βάρος καρπών αλλά μειωμένο αριθμό καρπών ανά φυτό (Ncube and Calistus, 2012).

Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι οι 2 μεταχειρίσεις, καθόλη την διάρκεια του πειράματος, διέφεραν σημαντικά ως προς τη συγκράτηση νερού στα φυτοδοχεία. Το υπόστρωμα στα φυτοδοχεία της μεταχείρισης EM είχε διαρκώς νοτισμένη υφή και όψη, με αποτέλεσμα να χρειάζονται λιγότερες αρδεύσεις. Από την άλλη, στα φυτά μάρτυρες, στα οποία ακολουθήθηκε κανονικά το αρδευτικό πλάνο, παρατηρήθηκε αμελητέα συγκράτηση νερού στα φυτοδοχεία καθώς πριν από κάθε άρδευση το έδαφος στα φυτά μάρτυρες ήταν πολύ αφυδατωμένο και ξηρό. Ο προηγούμενος ισχυρισμός έρχεται σε αντίθεση με τα συμπεράσματα των Daiss et al (2008). Από τα ευρήματα αυτά απορρέει το συμπέρασμα ότι οι ενεργοί μικροοργανισμοί

συνεισφέρουν θετικά στην συγκράτηση και καλύτερη διαχείριση του της εδαφικής υγρασίας. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες όπου αναφέρεται ότι η εφαρμογή με EM βελτιώνει τις ιδιότητες του εδάφους, μέσω της αύξησης της διήθησης, του αερισμού, της συσσωμάτωσης, του περιεχομένου οργανικής ουσίας και της μείωσης της συμπύκνωσης, διάβρωσης και σχηματισμού κρούστας (Higa and Parg, 1994).

Είναι αξιοσημείωτο επίσης, ότι σε φυτά-μάρτυρες παρατηρήθηκαν δυσμορφίες σε καρπούς, ιδίως στις ποικιλίες Saint-Pierre και Beta, οι οποίες εκλείπουν από φυτά της μεταχείρισης EM. Οι συγκεκριμένες δυσμορφίες πιθανόν αποδίδονται σε μετάλλαξη ή να αποτελούν σύμπτωμα από κάποιο παθογόνο ή στρεσογόνο συνθήκη. Αρκετές μελέτες υποστηρίζουν την αμυντική δράση έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών από τους EM. Στο πλαίσιο αυτό, η εφαρμογή με EM και βοκάσι σε φυτά τομάτας οδήγησε σε αυξημένη αντοχή στο παθογόνο *Pytophthora parasitica* (Xu et al., 2012). Ομοίως, φυτά αγγουριού όπου εφαρμόστηκε βοκάσι με EM, παρουσίασαν αυξημένη ανθεκτικότητα έναντι του παθογόνου *Pythium ultimum*. Η παρατηρηθείσα ανθεκτικότητα αποδόθηκε στο ότι το βοκάσι περιέχει μη σταθεροποιημένη οργανική ύλη, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από το παθογόνο ως τροφή (Shin, 2017).

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των καρπών, η εφαρμογή με EM σχετίστηκε με μία τάση αύξησης των συνιστωσών του χρώματος αλλά και τη συνεκτικότητα της σάρκας. Σχετικά με το χρώμα, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 επεμβάσεων για τη συνιστώσα h, ενώ οι συνιστώσες L\* και C\* δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά σε επίπεδο επέμβασης. Μάλιστα, είναι αξιοσημείωτο ότι οι συνιστώσες του χρώματος L και C καθώς και το γνώρισμα της συνεκτικότητας της σάρκας παρουσίασαν σημαντική αλληλεπίδραση EM και ποικιλίας, υποδεικνύοντας ότι η επίδραση των EM ως προς τα γνωρίσματα αυτά παρουσιάζει γονοτυπική εξάρτηση.

Αντίθετα, σε ότι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χυμού τομάτας, η εφαρμογή με EM δε συνοδεύτηκε με σημαντικές διαφορές στο pH, στην ηλεκτρική αγωγιμότητα καθώς και στην περιεκτικότητα σε στερεά διαλυτά (Brix), που αποτελεί σημαντικότατο γνώρισμα για το συγκεκριμένο είδος. Αυτό πιθανόν να σηματοδοτεί

την απουσία συσχέτισης των ενεργών μικροοργανισμών με τα προαναφερθέντα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Στο σύνολό τους, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρέχουν ενδείξεις ότι η εφαρμογή με ενεργούς μικροοργανισμούς επιδρά θετικά σε επιμέρους γνωρίσματα στη τομάτα, όπως το ύψος των φυτών, την παραγωγικότητα και διάρκεια ανθοφορίας αλλά και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως το χρώμα και η συνεκτικότητα της σάρκας. Είναι ωστόσο αξιοσημείωτο, ότι η εφαρμογή με EM οδήγησε σε μείωση της περιεκτικότητας χλωροφύλλης σε όλη τη διάρκεια λήψης μετρήσεων. Ανάλογα αντικρουόμενα αποτελέσματα αναφέρονται και στη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση των EM στην καλλιέργεια τομάτας. Στο πλαίσιο αυτό, τα ευρήματα προηγούμενων μελετών υπογραμμίζουν την ευεργετική επίδραση των EM στην ανάπτυξη φυτών τομάτας, ακόμη και κατά την παραγωγική φάση (Idris et al, 2008). Πέραν της βελτίωσης της ανάπτυξης, αναφέρεται περαιτέρω η βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και προτείνεται ότι η χρήση των EM δύναται να υποκαταστήσει πλήρως τη χημική λίπανση στην τομάτα, συνεισφέροντας σημαντικά στην οικονομική βιωσιμότητα της καλλιέργειας αλλά και στην ελάφρυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που ανακύπτουν από τη χρήση αυξημένων εισροών (Bona et al., 2018). Ωστόσο, σε πλήρη αντίθεση με τα προαναφερθέντα, τα αποτελέσματα πρόσφατων ερευνών καταδεικνύουν ότι η εφαρμογή με EM στην τομάτα δε σχετίζεται με υπεροχή στην ανάπτυξη σε σχέση με φυτά μάρτυρες (Olle, 2014).

Η επίδραση των EM σε άλλα κηπευτικά είδη, όπως το κινέζικο λάχανο, το σπανάκι και το ραπανάκι, απεδείχθη θετική όσον αφορά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ανάπτυξη, απόδοση, το ύψος και την περιεκτικότητα σε βιταμίνες (Kim et al, 2012). Αντίθετα, η εφαρμογή με EM και βοκάσι στο μαρούλι δεν οδήγησε σε αύξηση της απόδοσης (Escano, 1996).

Η έλλειψη συνοχής που χαρακτηρίζει την επίδραση των EM σε διαφορετικές καλλιέργειες και στα επιμέρους γνωρίσματα πιθανολογείται ότι συνδέεται με σημαντική εξάρτηση τόσο σε επίπεδο είδους όσο και σε επίπεδο γονοτύπου του ίδιου είδους. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι τα συστήματα φυτών-μικροοργανισμών διέπονται από μεγάλο βαθμό εξειδίκευσης, η οποία συνοδεύει τις αλληλεπιδράσεις με επιβλαβείς αλλά και με ωφέλιμους μικροοργανισμούς, όπως τα



ριζόβια βακτήρια. Παράλληλα, πρέπει να τονιστεί ότι η θετική επίδραση των EM σχετίζεται με την επικράτηση και σταθεροποίησή τους στο έδαφος όπου είναι ενεργοί. Είναι μάλιστα γνωστό, ότι η σύσταση του εδάφους επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα επικράτησής τους, με ορισμένα εδάφη να βελτιώνονται σημαντικά έπειτα από μία μόνο εφαρμογή, ενώ σε άλλα ακόμη και οι επαναλαμβανόμενες εφαρμογές δεν επιφέρουν εδαφοβελτιωτική δράση (Higa and Parg, 1994). Υπό το πρίσμα αυτό, πιθανολογείται ότι ο εμβολιασμός του εδάφους με EM δύναται να επιφέρει περισσότερο εμφανή αποτελέσματα στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών συγκριτικά με την εφαρμογή σε φυτοδοχεία.

Παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υπογραμμίζουν τη θετική επίδραση των EM σε επιμέρους χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ανάπτυξη, παραγωγικότητα και την ποιότητα των καρπών τομάτας, εκτιμάται ότι η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων προϋποθέτει την εφαρμογή τους σε καλλιέργεια τομάτας υπό συνθήκες αγρού. Συμπερασματικά, κρίνεται ότι η επίδραση των EM πιθανώς παρουσιάζει εξάρτηση τόσο από το έδαφος όσο και από το είδος και γονότυπο.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bona E., Todeschini V., Cantamessa S., Cesaro P., Copetta A., Guido Lingua G., Elisa Gamalero E., Berta G., Massa N. (2018). Combined bacterial and mycorrhizal inocula improve tomato quality at reduced fertilization. *Scientia Horticulturae*, 234:160-165
2. Condor A. F., Gonzalez P., Lakre C. (2007). Effective microorganisms: Myth or reality? *The Peruvian Journal of Biology*, 14: 315–319
3. Commission of the European Communities. (2004). European Action Plan for Organic Food and Farming, *Commission Staff Working Document*, Brussels. SEC(2004) 739:3-33
4. Daiss N., Lobo G., Socoro A.R., Brückner U., Heller J., Gonzales M. (2008). The effect of three organic pre-harvest treatments on Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *cycla* L.) quality. *European Food Research and Technology*, 226(3):345–353
5. Ernst X. (2009). Ενεργοί Μικροοργανισμοί . *In: Ο κύκλος της φύσης- Πως οι ΕΜ εναρμονίζουν την φύση.* (Κυραννού). Εκδόσεις Πύρινος Κόσμος. Ελλάδα, Αθήνα,:91-92.
6. Frits van den Ham. (2002). EM scientific research from The Netherlands.pdf
7. Godfray H., Charles J., Beddington J.R., Crute I. R., Haddad L., Lawrence D., Muir J. F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327 (5967): 812-818.
8. Guim A., Andrade P., Iturrino-Schocken P.R., Franco G.L., Ruggieri A.C., Malheiros E. B., (2002). Aerobic Stability of Wilted Grass Silages (*Pennisetum Purpureum*, Schum.) Treated with Microbial Inoculant. *R. Bras. Zootec*, 31 (6): 2176-2185
9. Higa T., Wididana G.N.(1991) The Concept and Theories of Effective Microorganisms.pdf

10. Higa T., Parr J.F. (1994) Utilization of beneficial microorganisms in agriculture. *In: Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment* : 5-6
11. Higa T. (2007) Μια θεραπεία για τον πάσχοντα ιατρικό τομέα. *In: Μια επανάσταση που θα σώσει την γη.* (Σοφού, Σπανάκη, Παναγιωτοπούλου, Καραγεωργίου, Βούλγαρη, Τομτσικιώτη) Κέδρος, Ελλάδα, :221-263
12. Higa T., (2007).EM-Ελπίδα για τον πλανήτη. *In: Μια επανάσταση που θα σώσει τη γη.* (Σοφού, Σπανάκη, Παναγιωτοπούλου, Καραγεωργίου , Βούλγαρη, Τομτσικιώτη). Εκδόσεις Κέδρος, Δεύτερη έκδοση, Ελλάδα, :23-50
13. Higa T., (2007). Επιλύοντας τα περιβαλλοντικά προβλήματα.*In: Μια επανάσταση που θα σώσει τη γη.* (Σοφού, Σπανάκη, Παναγιωτοπούλου, Καραγεωργίου , Βούλγαρη, Τομτσικιώτη ). Εκδόσεις Κέδρος, Δεύτερη έκδοση, Ελλάδα , :131-211
14. Higa T., (2007). EM Ολοκληρωμένη λύση σε όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με την τροφή. *In: Μια επανάσταση που θα σώσει τη γη* (Σοφού, Σπανάκη, Παναγιωτοπούλου, Καραγεωργίου, Βούλγαρη, Τομτσικιώτη). Εκδόσεις Κέδρος, Δεύτερη έκδοση, Ελλάδα, :59-118
15. Idris I. I., Yousif M.T., Elkashif M.E., Bakara F.M. (2008) Response of tomato( *Lycopersicon esculentum* Mill. ) to application of effective microorganisms. *Gezira Journal of Agricultural Science* ,6(1):43-56
16. Javaid A., Bajwa R. (2011).Field evaluation of effective microorganisms (EM) application for growth, nodulation, and nutrition of mung bean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 443–452.
17. Kdona R.K., Friedel K. J., Spornberger A., Rinnofner T., Jezik K. (2011). EM: An effective Plant Strengthening Agent for tomatoes in Protected cultivation. *Biological Agriculture and Horticulture*, 27 :189-204
18. McGuire R.G., (1992). Reporting of objective color measurements. *Hort Science*, 27:1254-1255.
19. Mohan B. (2008). On yield of dryland vegetable crops in India. *Journal of Organic Systems*. 3(No 1):23-33
20. Ncube L. (2008). General literature review. *Evaluation of effective microorganisms (EM) on soil chemical properties and yield of selected vegetables in the Eastern Cape*, South Africa, : 4-30

21. Ncube L. (2008) General introduction. *Evaluation of effective microorganisms (EM) on soil chemical properties and yield of selected vegetables in the Eastern Cape, South Africa*,:1-4
22. Ncube N., Calistus B. (2012).Effects of the integrated use of effective microorganisms, compost and mineral fertilizer on greenhouse-grown tomato. *African Journal of Plant Science*,6:120–124
23. Obata Y., Takeuchi K., Furuta Y., Kanayama K. (2005). Research on better use of wood for sustainable development: Quantitative evaluation of good tactile warmth of wood. *Energy* , 30(8):1317-1328
24. Olle M., Williams H.I. (2013). Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 88(4): 380-386
25. Prisa D. (2017). Zeolites and Effective microorganisms for the qualitative improvement of olive trees. *Atti della Societa Toscana di Scienze Naturali*.(no:8) Pdf
26. Roberts D. P., Mattoo A.K. (2018). Sustainable Agriculture—Enhancing Environmental Benefits, Food Nutritional Quality and Building Crop Resilience to Abiotic and Biotic Stresses. *Agriculture*. 8:2-24
27. Subadiyasa, N.N. (1997). Effective microorganisms (EM) technology: its potential and prospect in Indonesia. *Majalah Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Udayana*, 16:45-5
28. Shin K., Diepen G., Blok W., Bruggen A.H.C. (2017). Variability of Effective Micro-organisms (EM) in bokashi and soil and on soil-borne plant pathogens. *Crop Protection*, 99:168-176
29. Value D. (2010). Ευρωπαϊκή Ένωση & Ελλάδα. *Πράσινη και Αειφόρος Ανάπτυξη* : 5-18
30. Yu J. (2007). SYNTHESIS OF ZEOLITES. *In: Introduction to Zeolites Science and Practise- 3<sup>rd</sup> Revised Edition*. (Čejka,Bekkum,Corma,Schüth), China, :39-105

#### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δαουτόπουλος Γ. Α., Πυροβέτση Μ. (2002). Αειφορική Γεωργία: Το όραμα της ελληνικής γεωργίας. *Γεωργία-Κτηνοτροφία*, 1:53

2. Δαουτόπουλος Γ.Α. (2012). Το έδαφος. *In*: Εφαρμογές των ΕΜ στην γεωργία. Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ, δεύτερη έκδοση, Ελλάδα, Πεύκα, 17-86
3. Δαουτόπουλος Γ.Α. (2012). Οι Ενεργοί Μικροοργανισμοί. *In* :Εφαρμογές των ΕΜ στην γεωργία.(Δαουτόπουλος) Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ, δεύτερη έκδοση, Ελλάδα, Πεύκα, 99-145
4. Ελευθεροχωρινός Η. Γ. (2003). Η ολοκληρωμένη και όχι η βιολογική γεωργία η γεωργία του μέλλοντος, *Γεωργία και Κτηνοτροφία*, 4 :34-42
5. Κουλυμπούδη Λ., Ορφανουδάκης Μ., Σιναπίδου Ε. (2015). Βελτίωση της απόδοσης φυτών *Phaseolus vulgaris* με προσθήκη μικροοργανισμών και ζεόλιθου στο έδαφος, 27<sup>ο</sup> Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, Βόλος, 28-29 Σεπτεμβρίου
6. Φαραγγιτάκης Γ., Τραγαζίκης Π., Πήλιουρας Π., Σπανού Μ., Κινικλή Μ., Τζανετουλάκου Γ., Κυριακίδης Κ., Βατρικάς Α. (2007). Οι δράσεις περιβαλλοντικής εκπαίδευσης του παραρτήματος ΠΕΕΚΠΕ Αττικής- Μια συμβολή στην εκπαίδευση για την αειφορία .4<sup>ο</sup> συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ Ναύπλιο 2008

#### ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. Γκέρτσης Α. (2016). Ο μικρόκοσμος του εδάφους ...η συμβολή του στην γεωργία και την παραγωγή τροφίμων. *Η συμβολή των μικροοργανισμών στη γεωργία, παραγωγή τροφίμων και υγεία*, 5<sup>ο</sup> Συνέδριο Αγροτεχνολογίας. Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή Θεσσαλονίκης – Κολλέγιο Περρωτής. Online <https://www.livemedia.gr/video/265353> Τελευταία Πρόσβαση 26/09/2018
2. [https://ec.europa.eu/agriculture/organic/organic-farming/what-is-organic-farming\\_el](https://ec.europa.eu/agriculture/organic/organic-farming/what-is-organic-farming_el) Τελευταία Πρόσβαση 19/08/2018
3. ΕΜ ΕΛΛΑΣ, Online <https://www.emhellas.com/> Τελευταία πρόσβαση 18/08/2018
4. ESCANO C. R. (1996). Experiences on EM Technology in the Philippines <http://www.futuretechtoday.net/em/index2.htm>
5. Kim S.G., Lim Y. D., Ryang H.G. (2012). YIELD AND QUALITY OF VEGETABLE AS AFFECTED BY EFFECTIVE MICROORGANISMS. [www.emro-asia.com/data/7.pdf](http://www.emro-asia.com/data/7.pdf) Τελευταία πρόσβαση 23/09/2018

6. Sangakkara U.R. (2012). Effect of EM on Nitrogen and Potassium Levels in the Rhizosphere of Bush Bean.  
[http://www.infric.or.jp/english/KNF\\_Data\\_Base\\_Web/3rd\\_Conf\\_S\\_6\\_7.html](http://www.infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/3rd_Conf_S_6_7.html)
7. Xu H.L., Wang R., Mridha M.A.U., Umemura U. (2012). Phytophthora Resistance of Tomato Plants Grown with EM Bokashi  
<http://www.futuretechtoday.net/em/PhytophthoraResistanceTomatoPlantsEMBokashi.pdf> Τελευταία πρόσβαση 26/09/2018
8. Sweeney R. 2010. Em Ceramics. *In* Em Effective Microorganisms and a few of its amazing uses. *Em Sustainable Living*, 1(2):2-21  
[http://www.academia.edu/8331949/Effective\\_Micro\\_Organisms](http://www.academia.edu/8331949/Effective_Micro_Organisms). Τελευταία πρόσβαση 26/09/2018
9. <https://www.emrojapan.com/what/>

## 7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

---

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Οι αλληλεπιδράσεις E \* Π ήταν μη σημαντικές, εκτός των χαρακτηριστικών L, C, και FF.

#### Ύψος φυτών (24-Μαρ-2017)

Πηγή	B.E.	ΑΤ	F	Prob > F
Επέμβαση	1	4,5733333	10,2206	0,0043*
Ποικιλία	3	9,9633333	7,4221	0,0014*
E * Π	3	1,8844444	1,4038	0,2695

#### Ύψος φυτών (27-Μαρ-2017)

Πηγή	B.E.	ΑΤ	F	Prob > F
Επέμβαση	1	7,374516	11,2605	0,0031*
Ποικιλία	3	14,757645	7,5114	0,0015*
E * Π	3	0,765681	0,3897	0,7617

#### Βάρος καρπών

Πηγή	B.E.	ΑΤ	F	Prob > F
Επέμβαση	1	114,713	0,2282	0,6386
Ποικιλία	3	27354,697	18,1404	<,0001*
E * Π	3	2072,527	1,3744	0,2825

#### Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη (SPAD) (5-Μαϊ-2017)

Πηγή	B.E.	ΑΤ	F	Prob > F
Επέμβαση	1	10,35125	1,4431	0,2414
Ποικιλία	3	484,00250	22,4928	<,0001*
E * Π	3	131,43625	6,1082	0,0031*

#### Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη (SPAD) (1-Ιουν-2017)

Πηγή	B.E.	ΑΤ	F	Prob > F
Επέμβαση	1	259,35031	25,3512	<,0001*
Ποικιλία	3	285,66344	9,3077	0,0003*
E * Π	3	42,37594	1,3807	0,2726

### Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη (SPAD) (10-Ιουν-2017)

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	90,78781	4,6195	0,0419*
Ποικιλία	3	656,74094	11,1389	<,0001*
E * Π	3	77,01594	1,3063	0,2953

### Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη (SPAD) (16-Ιουν-2017)

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	567,00281	22,0314	<,0001*
Ποικιλία	3	323,47094	4,1896	0,0161*
E * Π	3	86,83594	1,1247	0,3588

### L\*

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	16,83450	2,5419	0,1239
Ποικιλία	3	182,73273	9,1970	0,0003*
E * Π	3	119,58913	6,0190	0,0033*

### C\*

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	1,44075	0,1153	0,7372
Ποικιλία	3	498,51618	13,2938	<,0001*
E * Π	3	120,99796	3,2266	0,0403*

### h

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	98,24515	5,5571	0,0269*
Ποικιλία	3	498,24511	9,3941	0,0003*
E * Π	3	136,51031	2,5738	0,0776

### Συνεκτικότητα σάρκας (FF)

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	1,1628125	7,1940	0,0130*
Ποικιλία	3	1,8181750	3,7495	0,0243*
E * Π	3	2,2317125	4,6024	0,0111*

### Περιεκτικότητα σε στερεά διαλυτά (Brix)



Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	2,1675000	3,2658	0,0923
Ποικιλία	3	8,0284091	4,0322	0,0292*
Ε * Π	3	1,5417424	0,7743	0,5275

### ρΗ χυμού

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	0,00041667	0,0714	0,7927
Ποικιλία	3	0,21125000	12,0714	0,0002*
Ε * Π	3	0,02458333	1,4048	0,2778

### Ηλεκτρική αγωγιμότητα χυμού

Πηγή	B.E.	AT	F	Prob > F
Επέμβαση	1	49194,7	0,0594	0,8110
Ποικιλία	3	796267,5	0,3204	0,8105
Ε * Π	3	2479138,8	0,9974	0,4228